



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 47 949 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
G 01 L 3/10

DE 10047949 A1

① Aktenzeichen: 100 47 949.9
② Anmeldetag: 27. 9. 2000
③ Offenlegungstag: 23. 5. 2001

⑩ Unionspriorität:
11-272690 27. 09. 1999 JP
11-342111 01. 12. 1999 JP

⑪ Anmelder:
NSK Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑫ Vertreter:
HOFFMANN . EITLE, 81925 München

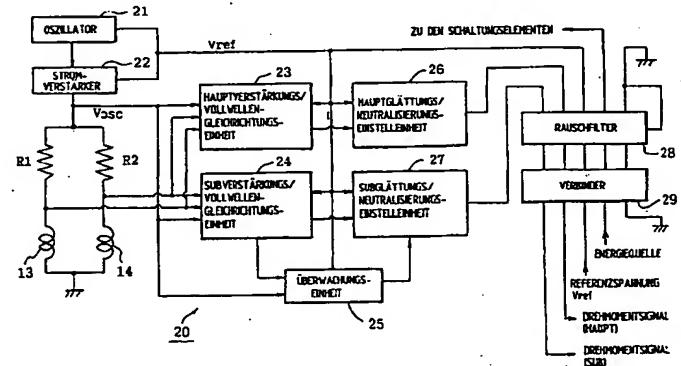
⑦2 Erfinder:
Ishikawa, Takeshi, Maebashi, Gunma, JP; Onizuka, Toshiyuki, Maebashi, Gunma, JP; Sato, Kouichi, Maebashi, Gunma, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Drehmomentsensor

57 Ein Drehmomentsensor umfasst ein Paar von Erfassungsspulen mit den Impedanzen, die sich in die entgegengesetzte Richtung zueinander entsprechend zu dem Drehmoment, das in einer Drehwelle erzeugt wird, ändern. Eine AC-Spannung wird an eine Brückenschaltung angelegt, die ein Paar von Erfassungsspulen und ein Paar von Widerständen umfasst, die Differenzspannung zwischen AC-Spannungen, die aus beiden Enden des Paars von Erfassungsspulen auftreten, wird erfasst und als das Drehmomentsignal ausgesendet, und der Ausfall der Schaltungskomponente der Drehmomenterfassungsschaltung wird auf Grundlage der Phasendifferenz zwischen der Wellenform der AC-Spannung, die an die Brückenschaltung angelegt wird, und der Wellenform der Differenzspannung zwischen AC-Spannungen, die auf beiden Enden eines Paars von Erfassungsspulen auftreten, beurteilt.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

Diese Erfindung betrifft einen Drehmomentsensor zum Erfassen eines Drehmoments, welches in einer Drehwelle erzeugt wird, und insbesondere betrifft sie einen verbesserten Sensor zum Verhindern einer fehlerhaften Erfassung aufgrund einer Fehlfunktion einer Drehmomenterfassungsschaltung in einem Drehmomentsensor, der mit einem Paar von Erfassungsspulen versehen ist, die sich in der Impedanz in der entgegengesetzten Richtung zueinander entsprechend dem erzeugten Drehmoment ändern.

2. Beschreibung des Standes der Technik

Ein Drehmomentsensor des kontaktfreien Typs ist in der japanischen veröffentlichten nicht-geprüften Patentanmeldung Nr Ihei 10-38715 offenbart worden, die bereits früher von dem Anmelder der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wurde. In dem herkömmlichen Drehmomentsensor, der in der voranstehend erwähnten japanischen veröffentlichten nicht-geprüften Patentanmeldung offenbart ist, wird die Verschiebung bzw. Versetzung eines Torsionsstabs proportional zu dem Drehmoment in die Änderung einer Induktivität der Erfassungsspule umgewandelt und die Änderung der Induktivität wird mit Hilfe einer Brückenschaltung erfasst, die Paare von Erfassungsspulen und Widerständen umfasst.

Mit anderen Worten wird eine AC Spannung an die Brückenschaltung angelegt, die mit einem ersten und einem zweiten Arm, umfassend ein Paar von Erfassungsspulen und ein Paar von Widerständen, versehen ist, die Spannungsdifferenz zwischen der Ausgangsspannung des Verbindungspunkts der Erfassungsspule und einem Widerstand in dem ersten Arm und die Ausgangsspannung des Verbindungspunkts der Erfassungsspule und des Widerstands des zweiten Arms wird mit Hilfe eines Differenzverstärkers erfasst und das Drehmomentsignal wird dadurch erhalten.

In dem Drehmomentsensor mit dem voranstehend erwähnten Aufbau sind ein Paar von Erfassungsspulen und ein Paar von Widerständen mit einer gedruckten Schaltungsplatine verbunden, um so eine Brückenschaltung zu bilden. Die Verbindung der Erfassungsspule und der gedruckten Schaltungsplatine ist in gewöhnlicher Weise durch Löten gesichert. Jedoch verursacht eine mögliche unvollständige Verbindung, beispielsweise eine Fehlstelle die Erhöhung des Kontaktwiderstands zwischen der Erfassungsspule und dem Widerstand und der gedruckten Schaltungsplatine und ein unrichtiges Drehmomentsignal wird nachteiliger Weise erzeugt.

Ferner wird der Widerstandswert des Widerstands, der eine Komponente der Brückenschaltung ist, in der Drehmomenterfassungsschaltung als ein fester Wert angesehen, tatsächlich ändert sich der Widerstandswert aber aufgrund einer Beschädigung des Widerstands selbst oder über dem Ablauf der Zeit.

Eine derartige Änderung in dem Widerstandswert des Widerstands bewirkt, dass die Erfassungsschaltung diesen fehlerhaft erfasst, als ob sich die Impedanz der Erfassungsspule ändert, und infolgedessen wird ein fehlerhaftes Signal erzeugt.

Deshalb bestand ein Bedarf nach einer Realisation eines höchst zuverlässigen Drehmomentsensors, der den fehlerhaften Betrieb erfassen kann, wenn der Drehmomentsensor bei einer Fehlfunktion beteiligt ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist die Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung, einen höchst zuverlässigen Drehmomentsensor des kontaktfreien Typs zum Erfassen eines Drehmoments, das in einer Drehwelle erzeugt wird, bereitzustellen, der die Fehlfunktion einer Schaltungskomponente der Drehmomenterfassungsschaltung auf Grundlage des Zustands des Ausgangssignals der Drehmomenterfassungsschaltung beurteilt und die fehlerhafte Erfassung des Drehmoments verhindert.

Es ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen höchst zuverlässigen Drehmomentsensor zum Erfassen eines Ausfalls der Schaltungskomponente der Drehmomenterfassungsschaltung, die mit einem Paar von Erfassungsspulen mit Impedanzen versehen ist, die sich in der entgegengesetzten Richtung zueinander entsprechend dem erzeugten Drehmoment ändern, bereitzustellen, bei dem eine AC Spannung an die Brückenschaltung umfassend ein Paar von Erfassungsspulen und ein Paar von Widerständen angelegt wird, die Differenzspannung zwischen den AC Spannungen, die auf beiden Enden des Paares von Erfassungsspulen auftreten, erfasst wird, und als das Drehmomentsignal herausgesendet wird, und der Ausfall der Schaltungskomponente der Drehmomenterfassungsschaltung auf Grundlage der Phasendifferenz zwischen der Wellenform der AC Spannung, die an die Brückenschaltung angelegt wird, und der Wellenform der Differenzspannung zwischen den AC Spannungen, die auf beiden Enden des Paares von Erfassungsspulen auftreten, beurteilt wird und somit die fehlerhafte Erfassung des Drehmoments verhindert wird.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines höchst zuverlässigen Drehmomentsensors zum Erfassen eines Ausfalls der Schaltungskomponente der Drehmomenterfassungsschaltung, die mit einem Paar von Erfassungsspulen mit Impedanzen versehen ist, die sich in die entgegengesetzte Richtung zueinander entsprechend dem erzeugten Drehmoment ändern, wobei eine AC Spannung an eine Brückenschaltung mit einem Paar von Erfassungsspulen und einem Paar von Widerständen angelegt wird, wobei jeder Widerstand zwei Widerstandselemente umfasst, die in Reihe geschaltet sind, und der Ausfall der Schaltungskomponente der Drehmomenterfassungsschaltung auf Grundlage des Differenzsignals zwischen dem Hauptdrehmomentsignal, das die Differenzspannung zwischen der AC Spannung, die auf beiden Enden des Paares von Erfassungsspulen der Brückenschaltung auftritt, und der Eingangs-AC-Spannung ist, und dem Subdrehmomentsignal, das die Differenzspannung zwischen der AC Spannung, die auf dem Mittelpunkt zwischen zwei Widerstandselementen auftritt, die das Paar von Widerständen der Brückenschaltung bilden, und der Eingangs-AC-Spannung ist, beurteilt wird und somit die fehlerhafte Erfassung des Drehmoments verhindert wird.

Andere Aufgaben der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der eingehenden Beschreibung der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

60 In den Zeichnungen zeigen:
Fig. 1 einen Querschnittsansicht, die einen Aufbau einer elektrischen Servolenkungsvorrichtung zeigt;
Fig. 2 eine perspektivische Ansicht, die den Aufbau eines Drehmomentsensors der elektrischen Servolenkungsvorrichtung darstellt;
Fig. 3(a) und **Fig. 3(b)** Diagramme, die eine Fensteranordnung eines Stegs und eines zylindrischen Elements auf der Oberfläche einer Sensorwelle darstellen;

Fig. 4 ein Diagramm, das die Größenänderung des Drehmoments und die Induktivitätsänderung von zwei Erfassungspulsen zeigt;

Fig. 5 ein Blockschaltbild einer Drehmomenterfassungsschaltung;

Fig. 6 ein Blockschaltbild einer Überwachungseinheit und diesbezüglicher Schaltungen;

Fig. 7 ein Diagramm, das die Eingangswellenform, Ausgangswellenform und eine Ausgangssynthesewellenform eines Komparators CP1 und CP2 in einer normalen Bedingung und in einer abnormalen Bedingung zeigt;

Fig. 8 ein Blockschaltbild, das die zweite Ausführungsform der Überwachungseinheit darstellt;

Fig. 9 ein Diagramm, welches die Erzeugung eines Signals mit einer vorgegebenen Zeitbreite t_m zeigt;

Fig. 10(a) und **Fig. 10(b)** Diagramme, die die zusammengesetzte Wellenform von Komparatoren CP11 und CP12, die Ausgangswellenform eines Komparators CP13 und die Ausgangswellenform einer UND Schaltung in einer normalen Bedingung und einer abnormalen Bedingung zeigen;

Fig. 11 ein Blockschaltbild, das die dritte Ausführungsform der Drehmomenterfassungsschaltung zeigt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Beispiele der vorliegenden Ausführungsform werden nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Das nachstehend beschriebene Beispiel ist eine elektrische Servolenkungsvorrichtung für Fahrzeuge, auf die ein Drehmomentsensor gemäß der vorliegenden Erfindung angewendet wird.

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht, die einen Aufbau einer elektrischen Servolenkungsvorrichtung mit einer Drehmomenterfassungseinheit darstellt, und **Fig. 2** ist eine perspektivische Ansicht, die die Aufbau der Drehmomenterfassungseinheit darstellt.

In **Fig. 1** und **Fig. 2** bezeichnen 5a und 5b ein Gehäuse mit einem zweigeteilten Aufbau, der die Eingangswellenseite 5a und die Ausgangswellenseite 5b umfasst. Im Inneren des Gehäuses 5a und 5b werden eine Eingangswelle 1, ein Torsionsstab 3, der sich darin befindet, und eine Ausgangswelle 2, die mit der Eingangswelle 1 durch Zwischenordnung des Torsionsstabs 3 gekoppelt sind, drehbar auf einem Lager 6a, 6b und 6c gehalten.

Die Eingangswelle 1, der Torsionsstab 3 und die Ausgangswelle 2 sind koaxial angeordnet, die Eingangswelle 1 und der Torsionsstab 3 sind spline-gekoppelt und der Torsionsstab 3 und die Ausgangswelle 2 sind miteinander spline-gekoppelt. In **Fig. 1** ist ein Lenkrad, welches in der Zeichnung nicht gezeigt ist, fest auf der linken Endseite der Eingangswelle 1 angebracht. Eine Ritzelwelle 2a ist auf der Ausgangswelle 2 gebildet und die Ritzelwelle 2a steht in Eingriff mit einer Zahnstange 4, um dadurch einen öffentlich bekannten Lenkmechanismus des Zahnstangentyps aufzubauen.

Ein Schneckenrad 7 ist an der Ausgangswelle 2 so angebracht, dass es sich koaxial zusammen mit der Ausgangswelle 2 dreht und steht in Eingriff mit einem Gewinde 8, das mit Hilfe eines elektrischen Motors, der in der Zeichnung nicht gezeigt ist, angetrieben wird. Das Schneckenrad 7 umfasst eine Metallnabe 7a und einen aus einem synthetischen Harz bestehenden Zahn 7b, die fest zusammen befestigt sind. Die Drehkraft des elektrischen Motors wird an die Ausgangswelle 2 mit Hilfe des Gewindes 8 und dem Schneckenrad 7 übertragen und ein Zusatz- oder Hilfslenkdrehmoment wird auf die Ausgangswelle 2 in der beliebigen

Richtung durch Umschalten der Drehrichtung des elektrischen Motors in einer geeigneten Weise ausgeübt.

Als nächstes wird der Aufbau der Drehmomenterfassungsschaltung des Drehmomentsensors unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** und **Fig. 2** beschrieben werden. Die Drehmomenterfassungseinheit umfasst eine Sensorwelle 11 der Eingangswelle 1, die auf der rechten Endseite in **Fig. 1** gebildet ist, Erfassungspulsen 13 und 14, die sich in dem Gehäuse 5a befinden, und ein zylindrisches Element 12, welches zwischen der Sensorwelle 11 und den Erfassungspulsen 13 und 14 dazwischen angeordnet ist.

Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht, die den Aufbau der Drehmomenterfassungseinheit darstellt. Die Sensorwelle 11, die aus einem magnetischen Material besteht, ist auf der Ausgangsseite der Eingangswelle 1 in der Nähe des rechten Endes in **Fig. 1** gebildet, eine Vielzahl von Stegen 11a (neun Stege sind in dem Beispiel gezeigt), die sich in der Achsenrichtung erstrecken, sind entlang der Umfangsrichtung in gleichen Abständen auf der Oberfläche der Sensorwelle 11 gebildet und Ausnehmungen 11b mit einer Breite, die breiter als die Breite 11 der Stege 11a ist, sind zwischen den jeweiligen Stegen 11a gebildet.

Das zylindrische Element 12, welches aus einem leitenden und einem nicht-magnetischen Material, zum Beispiel Aluminium, besteht, ist koaxial zu der Sensorwelle 11 in der Nähe der Sensorwelle 11 auf der Ausgangsseite der Sensorwelle 11 angebracht und die Verlängerung 12e des zylindrischen Elements 12 ist an der Außenseite des Endes 2e der Ausgangswelle 2 befestigt.

Es sind vorgesehen das erste Fensterfeld, welches eine Vielzahl von rechteckförmigen Fenstern 12a (in dem gegenwärtigen Beispiel sind neun Fenster gezeigt), die in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung an der Position, die auf die Stege 11a gerichtet ist, auf der Oberfläche der voranstehend erwähnten Sensorwelle 11 angeordnet sind, umfasst, und das zweite Fensterfeld, welches eine Vielzahl von rechteckförmigen Fenstern 12b (in dem vorliegenden Beispiel sind neun Fenster gezeigt) mit der gleichen Form wie diejenige der voranstehend erwähnten Fenster 12a, aber in der Phase unterschiedlich zu derjenigen der voranstehend erwähnten Fenster 12a an der Position, die in der Achsenrichtung von dem voranstehend erwähnten ersten Fensterfeld abweicht, angeordnet sind, umfasst.

Der äußere Umfang des zylindrischen Elements 12 ist von einem Joch 15 umgeben, auf dem Erfassungspulsen 13 und 14 mit der gleichen Spezifikation gewickelt sind. Mit anderen Worten, die Erfassungspulsen 13 und 14 sind koaxial zu dem zylindrischen Element 12 angeordnet, die Erfassungspule 13 umgibt den ersten Fensterfeldabschnitt, der die Fenster 12a umfasst, und die Erfassungspule 14 umgibt das zweite Fensterfeld, das die Fenster 12b umfasst. Das Joch 15 ist in dem Gehäuse 15a angebracht und die Ausgangsleitung ist mit der Schaltungsplatine 16, die in dem Gehäuse 5a angeordnet ist, verbunden.

Fig. 3(a) und **Fig. 3(b)** sind Diagramme, die das Fensterlayout der Stege auf der Oberfläche der Sensorwelle und des zylindrischen Elements darstellen. **Fig. 3(a)** zeigt die Positionsbeziehung zwischen den Stegen 11a auf der Oberfläche der Sensorwelle 11 und den Fenstern 12a des ersten Fensterfelds des zylindrischen Elements 12 in der Grundposition (der Position ohne Verschiebung des Torsionsstabs 3); andererseits zeigt **Fig. 3(b)** die Positionsbeziehung zwischen den Stegen 11a und der Oberfläche der Sensorwelle 11 und den Fenstern 12b des zweiten Fensterfelds des zylindrischen Elements 12 in der Grundposition (der Position ohne Verschiebung des Torsionsstabs 3).

In dem vorliegenden Beispiel sind neun Fenster 12a und neun Fenster 12b vorgesehen, so dass die Fenster 12a des er-

sten Fensterfelds und die Fenster 12b des zweiten Fensterfelds um einen Winkel $\theta = 360/N$ Grad (in dem in Fig. 2, Fig. 3(a) und Fig. 3(b) gezeigten Beispiel, der Winkel $\theta = 360/9 = 40$ Grad) jeweils in der Umfangsrichtung verschoben sind.

Der Winkel a der Fenster 12a und 12b ist kleiner als der Winkel b des Abschnitts ohne die Fenster 12a und 12b ($a < b$), der Winkel c des Stegs 11a ist kleiner als der Winkel d der Ausnehmung 11b ($c < d$). Der Grund ist, dass die Änderung der Impedanz der Erfassungsspule in gewünschter Weise abgestuft wird.

Wie aus Fig. 3(a) und Fig. 3(b) ersichtlich, ist in dem Zustand, in dem der Torsionsstab 3 nicht verbunden ist, nämlich in dem Zustand, bei dem das Lenkdrehmoment Null (0) ist, die relative Positionsbeziehung in der Umfangsrichtung zwischen der Seite der Fenster 12a und 12b in der Umfangsrichtung und der Breite der Stege 11a und der Fenster 12a und 12b so eingestellt, dass ein Ende der Stege 11a der Sensorwelle 11 in der Umfangsrichtung an den Mittenabschnitt der Breite der Fenster 12a in der Umfangsrichtung positioniert ist und das andere Ende der Stege 11a in der Umfangsrichtung an dem Mittenabschnitt der Breite der Fenster 12b in der Umfangsrichtung positioniert ist. Mit anderen Worten ist die Positionsbeziehung der Fenster 12a und 12b bezüglich der Stege 11a entgegengesetzt zueinander in der Umfangsrichtung.

Wenn das Lenksystem in dem Zustand eines geraden Fahrens ist, wird keine Torsion auf den Torsionsstab 3 ausgeübt und die Eingangswelle 1 und die Ausgangswelle werden relativ nicht gedreht. Deshalb wird die relative Drehung zwischen den Stegen 12a auf der Oberfläche der Sensorwelle 11 der Seite der Eingangswelle 1 und dem zylindrischen Element 12 der Seite der Ausgangswelle 2 nicht erzeugt.

Wenn andererseits ein Lenkrad betätigt wird und eine Drehkraft auf die Eingangswelle 1 ausgeübt wird, dann wird die Drehkraft an die Ausgangswelle 2 mit Hilfe des Torsionsstabs 3 übertragen. Dabei werden die Reibungskraft zwischen dem Lenkrad und der Straßenoberfläche und die Reibungskraft aufgrund der Einrückung zwischen Zahnrädern des Lenkmechanismus, der mit der Ausgangswelle 2 verbunden ist, auf die Ausgangswelle 2 ausgeübt und eine derartige Reibungskraft verursacht die Verschiebung des Torsionsstabs, der zwischen die Eingangswelle 1 und die Ausgangswelle 2 gekoppelt ist, und verursacht die relative Drehung zwischen den Stegen 11a auf der Oberfläche der Sensorwelle 11 der Seite der Eingangswelle 1 und dem zylindrischen Element 12 der Seite der Ausgangswelle 2.

Weil das zylindrische Element 12 aus einem leitenden und nicht-magnetischen Material besteht, wird dann, wenn kein Fenster auf dem zylindrischen Element 12 gebildet ist, ein Wirbelstrom auf der äußeren Umfangsoberfläche des zylindrischen Elements 12 in der entgegengesetzten Richtung zu dem Spulenstrom erzeugt, wenn ein AC Strom an die Erfassungsspulen 13 und 14 geführt wird, um ein AC (Wechselstrom)-Magnetfeld zu erzeugen. Wenn das magnetische Feld aufgrund des Wirbelstroms und das magnetische Feld aufgrund des Spulenstroms überlagert werden, dann wird das Magnetfeld innerhalb des zylindrischen Elements 12 versetzt.

Wenn das Fenster auf dem zylindrischen Element 12 gebildet ist, kann der Wirbelstrom, der auf der äußeren Umfangsoberfläche des zylindrischen Elements 12 erzeugt wird, nicht um die äußere Umfangsoberfläche aufgrund der Blockade von den Fenstern 12a und 12b herumgehen, sondern geht um beide Seiten des inneren Umfangs des zylindrischen Elements 12 entlang der Endflächen der Fenster 12a und 12b herum und fließt auf der inneren Umfangsoberfläche in der gleichen Richtung wie diejenige des Spulen-

stroms und kehrt ferner an beide Seiten des äußeren Umfangs entlang der Endflächen der benachbarten Fenster 12a und 12b zurück, um dadurch eine Schleife zu bilden. Mit anderen Worten, der Zustand, in dem die Wirbelstromschleife periodisch auf der inneren Seite der Erfassungsspulen in der Umfangsrichtung angeordnet ist, wird erzeugt.

Das Magnetfeld aufgrund des Spulenstroms und das Magnetfeld aufgrund des Wirbelstroms werden überlagert und das Magnetfeld mit der Größe, die sich in der Umfangsrichtung periodisch ändert, und das Magnetfeld mit der Gradientengröße, die in Richtung auf die Mitte in der radialen Richtung zunimmt, wird jeweils außen und innen an dem zylindrischen Element 12 gebildet. Die periodische Schwankungsgröße des magnetischen Felds in der Umfangsrichtung ist größer an der Mitte der Fenster 12a und 12b, die von den benachbarten Wirbelströmen beeinflusst werden, und ist kleiner an der Position weiter von der Mitte weg.

Die Sensorwelle 11, die aus einem magnetischen Material besteht, ist koaxial im Inneren des zylindrischen Elements 12 angeordnet und die Stege 11a sind mit dem gleichen Intervall wie demjenigen der Fenster 12a und 12b angeordnet.

Das magnetische Objekt, welches in einem Magnetfeld angeordnet ist, erzeugt einen magnetischen Fluss und die Größe des magnetischen Flusses nimmt auf die Sättigung zu, wenn die Größe des Magnetfelds zunimmt. Deshalb ändert sich die Größe des magnetischen Flusses, der in der Sensorwelle 11 im Zusammenhang mit dem magnetischen Feld mit der sich periodisch in der Umfangsrichtung ändernden Größe erzeugt wird, und das Magnetfeld mit der Gradientengröße, die in Richtung auf die Mitte in der radialen Richtung abnimmt, ändert sich entsprechend zu der relativen Phase zwischen dem zylindrischen Element 12 und der Sensorwelle 11.

Der magnetische Fluss wird an der Phase maximiert, an der die Mitte der Fenster 12a und 12b des zylindrischen Elements 12 mit der Mitte der Stege 11a der Sensorwelle 11 übereinstimmt, die Induktivität der Erfassungsspulen 13 und 14 wird entsprechend zu der Änderung des magnetischen Flusses geändert und ändert sich in der Form ähnlich wie die Sinuswelle.

Da die Mitte der Stege 11a der Sensorwelle 11 an der Position eingestellt ist, so dass sie sich um 1/2 des zentralen Winkels c der Stege 11a bezüglich der Phase, wo die Induktivität maximiert ist (der Phase, wo die Mitte der Fenster 12a und 12b mit der Mitte der Stege 11a übereinstimmt) in dem Zustand maximiert ist, bei dem kein Drehmoment ausgeübt wird, nimmt dann, wenn ein Drehmoment ausgeübt wird und der Torsionsstab 3 entsprechend verschoben wird und die Phasendifferenz zwischen der Sensorwelle 11 und dem zylindrischen Element 12 auftritt, die Impedanz von irgend einer der Erfassungsspulen 13 und 14 zu und andererseits nimmt die Impedanz der anderen der Erfassungsspulen 13 und 14 ab.

Fig. 4 ist ein Diagramm zum Beschreiben der Größenänderung des Drehmoments und der Induktivität der Erfassungsspulen 13 und 14, wobei die Abszissenachse das Drehmoment T und die Ordinatenachse die Induktivität L bezeichnet. Das zylindrische Element 12 wird in Fig. 3(a) und Fig. 3(b) in der Uhrzeigerrichtung gedreht, wenn das nach rechts gerichtete Lenkdrehmoment erzeugt wird, die Induktivität L13 der Erfassungsspule 13 nimmt mit einer Erhöhung des Drehmoments zu, wie in Fig. 4 gezeigt, und andererseits nimmt die Induktivität L14 der Erfassungsspule 14 ab.

Andererseits wird das zylindrische Element 12 in Fig. 3(a) und Fig. 3(b) in die Gegenuhrzeigerrichtung gedreht, wenn das linke Lenkdrehmoment erzeugt wird, die Induktivität L13 nimmt mit einer Erhöhung des Drehmoments ab

und andererseits nimmt die Induktivität L14 der Erfassungsspule 14 ab.

Fig. 5 ist ein Blockschaltbild der Drehmomenterfassungsschaltung. Eine Drehmomenterfassungsschaltung 20 ist mit Hilfe eines Verbinders 29 mit einer Steuereinrichtung verbunden, die in der Zeichnung nicht gezeigt ist, die Energiequellenspannung V und die Referenzspannung Vref werden von der Steuereinrichtung an jede Schaltungskomponente mit Hilfe eines Rauschfilters 28 geführt und das erfasste Hauptfassungs-Drehmomentsignal und das Subfassungs-Drehmomentsignal werden an die Steuereinrichtung geliefert.

Eine Brückenschaltung zum Erfassen des Drehmoments umfasst den ersten Arm, mit dem die Erfassungsspule 13 und der Widerstand R1 in Reihe geschaltet sind, und den zweiten Arm, mit dem die Erfassungsspule 14 und der Widerstand R2 in Reihe geschaltet sind.

Ein Oszillator 21 empfängt die Energiequellenspannung V und die Referenzspannung Vref, um eine AC Spannung mit einer vorgegebenen Frequenz zu erzeugen. Die erzeugte AC Spannung wird mit Hilfe eines Stromverstärkers 22 verstärkt und die verstärkte AC Spannung Vosc wird an den ersten Arm der Brückenschaltung, der die Erfassungsspule 13 und den Widerstand R1 umfasst, und den zweiten Arm der Brückenschaltung, der die Erfassungsspule 14 und den Widerstand R2 umfasst, geführt. Hierbei wird der Wert der Widerstände R1 und R2 vorher so eingestellt, dass die Spannungen auf beiden Enden der Erfassungsspulen 13 und 14 gleich zueinander sind, während das Drehmoment gerade nicht ausgeübt wird.

Die Spannungen, die auf beiden Enden der Erfassungsspule 13 und der Erfassungsspule 14 auftreten, werden in ein Differenzsignal zwischen beiden Erfassungsspulen umgewandelt und dann mit Hilfe einer Hauptverstärkungs-/Vollwellen-Gleichrichtungsschaltung 23 verstärkt und gleichgerichtet, die Ausgangswellenform des Differenzsignals wird mit Hilfe einer Hauptglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 eingestellt und dann mit Hilfe des Rauschfilters 28 als Hauptfassungs-Drehmomentsignal an die Steuereinrichtung geführt.

Die Spannungssignale, die auf beiden Enden der Erfassungsspule 14 auftreten, werden in ein Differenzsignal Vdef zwischen beiden Erfassungsspulen umgewandelt und mit Hilfe einer Subverstärkungs-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24 verstärkt und gleichgerichtet, und ferner wird die Ausgangswellenform des Differenzsignals Vdef mit Hilfe einer Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 eingestellt und dann mit Hilfe des Rauschfilters 28 als das Subfassungs-Drehmomentsignal an die Steuereinrichtung geführt.

Der Grund, warum die Drehmomenterfassungsschaltung 20 zwei Sätze umfasst, nämlich einen Satz der Hauptverstärkungs-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 23 und der Hauptglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26, und einen Satz der Subverstärkungs-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24 und der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einheit 27, zum Erzeugen von zwei Signalsätzen, besteht darin, dass diese zwei Signalsätze mit Hilfe einer Steuerschaltung verglichen werden, die in der Zeichnung nicht gezeigt ist, um dadurch die Fehlfunktion oder dergleichen der Schaltungskomponenten zu erfassen.

Ferner ist in der Drehmomenterfassungsschaltung 20 eine Überwachungseinheit 25 zwischen der Subverstärker-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24 und der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 vorgesehen. Die Überwachungseinheit 25 ist vorgesehen, um die Fehlfunktion der Drehmomenterfassungsschaltung wie einen erhöhten Kontaktwiderstand aufgrund eines Kontaktfehlers zwischen der

Erfassungsspule 13 oder 14 und dem Widerstand R1 oder R2 zu erfassen. Der Aufbau und der Betrieb der Überwachungseinheit 25 wird nachstehend beschrieben.

Fig. 6 ist ein Blockschaltbild der Überwachungseinheit 25 und von Peripherieschaltungen davon. Die Subverstärker-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24 umfasst einen Operationsverstärker OP1 und einen Synchronisationsdetektor SR. Eine Referenzspannung Vref ist mit dem Eingangs(+) Anschluss des Operationsverstärkers OP1 verbunden und der Ausgang des Operationsverstärkers OP1 wird an den Eingangs(−) Anschluss des Operationsverstärkers OP1 mit Hilfe eines Widerstands R5 geführt.

Die Spannungen, die auf beiden Seiten der Erfassungsspulen 13 und 14 auftreten, werden an den Eingangs(+) Anschluss und an den Eingangs(−) Anschluss jeweils des Operationsverstärkers OP1 über einen Kondensator C3, einen Widerstand R3, einem Kondensator C4 und einem Widerstand R4 angelagert und das Differenzsignal Vdef wird erzeugt.

Das Ausgangssignal Vdef des Operationsverstärkers OP1 wird mit Hilfe des Synchronisationsdetektors SR synchron mit einem AC Strom, der mit Hilfe des Oszillators erzeugt und mit Hilfe des Stromverstärkers 22 zugeführt wird, gleichgerichtet und dann an die Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 geliefert.

Die Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 umfasst einen Operationsverstärker OP2, einen Kondensator C5 und einen Widerstand R9, die Referenzspannung Vref ist mit dem Eingangs(+) Anschluss des Operationsverstärkers OP2 mit Hilfe des Widerstands R8 verbunden und der Ausgang des Synchronisationsdetektors SR wird an den Eingangs(−) Anschluss des Operationsverstärkers OP2 mit Hilfe des Widerstands R7 geführt. Der Ausgang des Operationsverstärkers OP2 wird an den Eingangs(−) Anschluss mit Hilfe des Kondensators C5 und des Widerstands R9 geliefert und das erfasste Drehmomentsignal wird nach einer Glättung und einer Wellenformanpassung herausgesendet.

Die Überwachungseinheit 25 umfasst zwei Komparatoren CP1 und CP2 und einen Transistor TR und einen Widerstand R10, der mit einer Konstantspannung Vcc verbunden ist. Ein Widerstand R12 und ein Kondensator C6 sind zwischen den Eingangsseiten der Komparatoren CP1 und CP2 und der Basis des Transistors TR angeordnet.

Eine AC Spannung Vosc, die mit Hilfe des Oszillators 21 erzeugt und mit Hilfe des Stromverstärkers 22 zugeführt wird, wird an den Eingangs(+) Anschluss geführt und die Referenzspannung Vref wird an den Eingangs(−) Anschluss des Komparators CP1 geliefert. Ferner wird das Ausgangssignal Vdef des Operationsverstärkers OP1 an den Eingangs(+) Anschluss des Komparators CP2 geliefert und die AC Spannung Vosc, die mit Hilfe des Oszillators 21 erzeugt wird, wird an den Eingangs(−) Anschluss des Komparators CP2 angelegt. Die jeweiligen Ausgänge der Komparatoren CP1 und CP2 werden gebildet und die zusammengesetzte Wellenform wird an die Basis des Transistors TR geliefert.

Fig. 7 zeigt jeweilige Diagramme der Eingangswellenform, der Ausgangswellenform der Komparatoren CP1 und CP2 und eine zusammengesetzte Wellenform der Ausgänge der Komparatoren CP1 und CP2 in einer normalen Bedingung bzw. in einer abnormalen Bedingung. Hierbei bedeutet die normale Bedingung den Zustand, bei dem kein Kontaktfehler zwischen der Erfassungsspule 13 oder 14 und dem Widerstand R1 oder R2 auftritt, und andrcrcscs bcdctut die abnormale Bedingung den Zustand, bei dem irgendein Kontaktfehler auftritt, so dass ein erhöhter Kontaktwiderstand verursacht wird. Der Betrieb während einer normalen

Bedingung und während einer abnormalen Bedingung wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 7 beschrieben.

Zunächst wird der Betrieb während der normalen Bedingung beschrieben. Da während der normalen Bedingung kein Kontaktfehler zwischen der Erfassungsspule 13 oder 14 oder dem Widerstand R1 oder R2 auftritt (eine abnormale Bedingung tritt auf), sind die Spannungen, die auf beiden Enden der Erfassungsspulen 13 und 14 auftreten, gleich zueinander und weisen keine Phasendifferenz auf, die Referenzspannung Vref (Sinuswelle) wird von dem Operationsverstärker OP1 erzeugt.

Die AC Spannung Vosc, die mit Hilfe des Oszillators 21 erzeugt und mit Hilfe des Stromverstärkers 22 zugeführt wird, wird an den Eingangs-(+)-Anschluss des Komparators CP1 angelegt und die Referenzspannung Vref wird an den Eingangs(-)-Anschluss des Komparators CP1 angelegt und infolgedessen ist die Eingangswellenform eine Sinuswelle und die Ausgangswellenform, die zu dieser Zeit erzeugt wird, ist die positive potentielle rechteckförmige Wellenform.

Das Ausgangssignal Vdef (Sinuswelle) des Operationsverstärkers OP1 wird an den Eingangs-(+)-Anschluss des Komparators CP2 geführt und die AC Spannung Vosc, die mit Hilfe des Oszillators 21 erzeugt und mit Hilfe des Stromverstärkers 22 zugeführt wird, wird an den Eingangs(-)-Anschluss des Komparators CP2 angelegt, als Folge davon ist die Eingangswellenform eine Sinuswelle und die Ausgangswellenform, die zu dieser Zeit erzeugt wird, ist die negative potentielle rechteckförmige Wellenform, und weist die gleiche Phase wie diejenige der Ausgangswellenform des Komparators CP1 auf.

Deshalb ist die zusammengesetzte Wellenform der Ausgänge der Komparatoren CP1 und CP2 bei der Phasenabweichung zwischen den Ausgangswellenformen nicht beteiligt, sondern ist in einem Null-Ausgang als Folge einer Löschung zwischen dem positiven Potential und dem negativen Potential beteiligt, die Konstantspannung Vcc wird an die Basis des Transistors TR angelegt und der Transistor TR bleibt AUS. Das AUS des Transistors TR bedeutet, dass ein Steuersignal von der Überwachungseinheit 25 nicht erzeugt wird, wenn ein abnormaler Betrieb erfasst wird.

Weil die Überwachungseinheit 25 in dem Zustand ist, dass eine Abnormalität nicht erfasst wird und der Transistor TR AUS bleibt, wird die Referenzspannung Vref an den Eingangs-(+)-Anschluss des Operationsverstärkers OP2 der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 angelegt und als Folge davon wird der Ausgang der Subverstärker-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24 mit Hilfe des Operationsverstärkers OP2 herausgesendet.

Als nächstes wird nachstehend der Betrieb unter einer abnormalen Bedingung beschrieben. Weil der Kontaktwiderstand aufgrund des Kontaktfehlers zwischen der Erfassungsspule 13 oder 14 und dem Widerstand R1 oder R2 während der abnormalen Bedingung ansteigt (eine abnormale Bedingung tritt auf), steigt der Widerstand der Erfassungsspule 13 oder 14 offensichtlich an und die Impedanz der Erfassungsspule 13 oder 14 steigt damit an. Infolgedessen wird ein Signal mit der Phase mit einer Abweichung von der Phase des Ausgangssignals, welches während der normalen Bedingung erzeugt wird, von dem Operationsverstärker OP1 erzeugt.

Weil die AC Spannung Vosc, die mit Hilfe des Oszillators 21 erzeugt und mit Hilfe des Stromverstärkers 22 zugeführt wird, an den Eingangs-(+)-Anschluss des Komparators CP1 angelegt wird und die Referenzspannung Vref an den Eingangs(-)-Anschluss angelegt wird, ist die Eingangswellenform eine Sinuswelle und die Ausgangswellenform, die zu dieser Zeit erzeugt wird, ist eine positive potentielle rechteckförmige Wellenform.

eckförmige Wellenform. Dieser Punkt ist der gleiche wie in der normalen Bedingung.

Die AC Spannung Vosc, die von dem Oszillator 21 erzeugt und mit Hilfe des Stromverstärkers 22 zugeführt wird, wird an den Eingangs(-)-Anschluss des Komparators CP2 angelegt und der Ausgang Vdef (Sinuswelle) des Operationsverstärkers OP1 wird an den Eingangs-(+)-Anschluss des Komparators CP2 angelegt. Deswegen wird die Impedanz der Erfassungsspule 13 oder 14 wie voranstehend beschrieben erhöht, obwohl die Ausgangsspannung des Komparators CP2 die negative potentielle rechteckförmige Wellenform ist, und die Phasenabweichung tritt von der Ausgangswellenform des Komparators CP1 auf.

Deshalb ist die ausgegebene zusammengesetzte Wellenform der Komparatoren CP1 und CP2 eine rechteckförmige Wellenform mit der Breite, die der Phasenabweichung zwischen den Ausgangswellenformen entspricht, und diese zusammengesetzte Wellenform wird an den Transistor TR angelegt, und der Transistor TR wird EINgeschaltet (leitend). Der EIN-Zustand des Transistors TR bedeutet, dass ein Steuersignal von der Überwachungseinheit 25 erzeugt wird, wenn eine abnormale Bedingung erfasst wird.

Weil der Eingangs-(+)-Anschluss des Operationsverstärkers OP2 der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 mit Masse verbunden ist, wenn die Überwachungseinheit 25 die Abnormalität erfasst und der Transistor TR EINgeschaltet (leitend) ist, wird der Ausgang der Subverstärker-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24, der an den Eingangs(-)-Anschluss geführt wird, mit Hilfe des Operationsverstärkers OP2 nicht zugeführt. Mit anderen Worten, wenn der Kontaktfehler zwischen der Erfassungsspule 13 oder 14 und dem Widerstand R1 oder R2 auftritt, so dass eine Schaltungsabnormalität im Zusammenhang mit einem erhöhten Kontaktwiderstand verursacht wird, wird der Ausgang des erfassten Drehmoments gesperrt.

Als nächstes wird das zweite Beispiel der voranstehend erwähnten Überwachungseinheit nachstehend beschrieben. Wenn das Differenzsignal Vdef zwischen den Ausgangssignalen, die auf beiden Enden der Erfassungsspulen 13 und 14 erscheinen, den vorgegebenen Spannungswert Vref 3 in der vorgegebenen Zeitbreite tm um den Punkt herum überschreitet, an dem die AC Spannung (Sinuswelle), die von dem Oszillator 21 erzeugt wird, den Mittelpunkt davon schneidet (Punkte von 0 Grad und 180 Grad einer Sinuswelle), das heißt, wenn die Phasendifferenz zwischen der Referenzspannung Vref und der AC Spannung, die von dem Oszillator 21 erzeugt wird, den Spielraum überschreitet, wird beurteilt, dass die Situation abnormal ist.

Fig. 8 ist ein Blockschaltbild zum Darstellen der zweiten Ausführungsform der voranstehend erwähnten Überwachungseinheit und diese Überwachungseinheit lässt sich für die voranstehend erwähnte Überwachungseinheit 25 ersetzen.

Eine Drehmomenterfassungs-Brückenschaltung, die den ersten Arm mit einer Erfassungsspule 13 und einem Widerstand R1, die in Reihe geschaltet sind, und den zweiten Arm mit einer Erfassungsspule 14 und einem Widerstand R2, die in Reihe geschaltet sind, umfassen, ein Oszillator 21 und ein Stromverstärker 22, eine Subverstärker-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24 und eine Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 sind um die Überwachungseinheit 30 der zweiten Ausführungsform verschaltet. Der Aufbau und der Betrieb dieser Schaltungskomponenten ist der gleiche wie diejenigen der voranstehend erwähnten ersten Ausführungsform, und die Beschreibung wird weggelassen und die Überwachungseinheit 30 wird nachstehend beschrieben.

Die Überwachungseinheit 30 umfasst drei Komparatoren CP11, CP12 und CP13, eine UND-Schaltung AN, nämlich

eine Logikprodukt-Operationsschaltung, einen Transistor TR und Widerstände R10, R11 und R12 und einen Kondensator C6.

Eine AC Spannung Vosc, die mit Hilfe des Oszillators 21 erzeugt wird und mit Hilfe eines Stromverstärkers 22 zugeführt wird, wird an den Eingangs-(+)-Anschluss eines Komparators CP11 angelegt und die erste Referenzspannung Vref1 wird an den Eingangs(-)-Anschluss von CP11 angelegt. Die zweite Referenzspannung Vref 2 wird an den Eingangs-(+)-Anschluss des Komparators CP12 angelegt und die AC Spannung Vosc, die mit Hilfe des Oszillators 21 erzeugt und über den Stromverstärker 22 zugeführt wird, wird an den Eingangs(-)-Anschluss von CP12 angelegt. Die jeweiligen Ausgangssignale der Komparatoren CP11 und CP12 werden zusammengesetzt und das zusammengesetzte Signal wird an den ersten Eingangsanschluss der UND-Schaltung AN geführt.

Die dritte Referenzspannung Vref 3 wird an den Eingangs-(+)-Anschluss des Komparators CP13 angelegt und das Ausgangssignal Vdef des Operationsverstärkers OP1 der Subverstärker-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24 wird an den Eingangs(-)-Anschluss von CP13 angelegt. Der Ausgang des Komparators CP13 wird an den zweiten Eingangsanschluss der UND-Schaltung AN geführt.

Der Ausgangsanschluss der UND Schaltung AN ist mit der Basis eines Transistors TR mit Hilfe des Widerstands 11 verbunden und das Signal macht den Transistor TR leitend, wenn die UND Schaltung AN EIN-geschaltet wird.

Der Betrieb der Überwachungseinheit 30 wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 9 und die Fig. 10 beschrieben.

Zunächst wird ein Rechteckwellensignal mit einer vorgegebenen Zeitbreite tm erstellt, um die Steuerzeit zum Ausführen einer Abnormalitätserfassung zu bestimmen.

Die AC Spannung Vosc wird an den Eingangs-(+)-Anschluss des Komparators CP11 angelegt, die erste Referenzspannung Vref 1 wird an den Eingangs(-)-Anschluss von CP11 angelegt, ferner wird die zweite Referenzspannung Vref 2 an den Eingangs-(+)-Anschluss des Komparators CP12 angelegt und die AC Spannung Vosc wird an den Eingangs(-)-Anschluss von CP12 angelegt. Die Ausgangswellenformen der Komparatoren CP11 und CP12 und die zusammengesetzte Ausgangswellenform dieser Ausgänge ist in Fig. 9 gezeigt und ein Signal mit einer vorgegebenen Zeitbreite tm wird durch Zusammensetzen der jeweiligen Ausgänge der Komparatoren CP11 und CP12 erhalten. Das Signal wird an den ersten Eingangsanschluss der UND Schaltung AN (siehe Fig. 8), wie hier voranstehend beschrieben, geführt.

Zum Bestimmen, ob die Spannung des Differenzsignals zwischen Ausgangssignalen, die auf beiden Enden der Erfassungsspulen 13 und 14 erscheinen, gleich oder ähnlich wie der vorgegebene Spannungswert Vref 3 ist oder nicht, wird als nächstes die Referenzspannung Vref 3, die als eine Referenz dient, an den Eingangs-(+)-Anschluss des Komparators CP13 zum Erfassen einer Abnormalität angelegt, und das Ausgangssignal Vdef des Operationsverstärkers OP1 der Subverstärker-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24 wird an den (-)-Anschluss CP13 geführt. Das Ausgangssignal des Komparators CP13 wird an den zweiten Eingangsanschluss der UND Schaltung AN (siehe Fig. 8) geführt.

Der Betrieb in einer normalen Bedingung wird unter Bezugnahme auf Fig. 10(a) beschrieben. In einer normalen Bedingung bzw. in einem normalen Zustand tritt keine Phasenabweichung in dem Ausgangssignal Vdef des Operationsverstärkers OP1 auf und die Spannung des Ausgangssignals Vdef ist immer gleich oder kleiner als die Referenzspannung Vref 3 und der Ausgang des Komparators CP13 ist

Null (0). Weil das logische Produkt des Ausgangssignals des Komparators CP13 und das Signal mit der vorgegebenen Zeitbreite tm (synthetisierter Ausgang der Komparatoren CP11 und CP12) in der UND Schaltung AN gebildet ist, ist der Ausgang der UND Schaltung AUS (0), der Transistor TR wird nicht leitend gemacht und keine Abnormalität wird erfasst.

Als nächstes wird der Betrieb in einer abnormalen Bedingung unter Bezugnahme auf Fig. 10(b) beschrieben. Wenn eine Phasenabweichung in dem Ausgangssignal Vdef des Operationsverstärkers OP1 auftritt und die Spannung des Ausgangssignals Vdef gleich oder kleiner wie die Referenzspannung Vref 3 in der vorgegebenen Zeitbreite tm wird, dann wird das Auftreten einer Abnormalität erfasst.

Der Komparator CP13 erzeugt eine Eins (1), wenn die Spannung des Ausgangssignals Vdef des Operationsverstärkers OP1 gleich oder kleiner wie die Referenzspannung Vref 3 ist; andererseits erzeugt er eine Null (0), wenn die Spannung des Ausgangssignals Vdef des Operationsverstärkers OP1 gleich oder höher wie die Referenzspannung Vref 3 ist.

Weil das logische Produkt des Ausgangssignals des Komparators CP13 und das Signal mit der vorgegebenen Zeitbreite tm in der UND Schaltung AN gebildet wird und der Ausgang der UND Schaltung AN EIN-geschaltet (1) wird, wenn der Ausgang des Komparators CP13 gleich oder kleiner wie die Referenzspannung Vref 3 in der vorgegebenen Zeitbreite tm ist, wird der Transistor TR während der EIN-Zeitperiode leitend gemacht und das Auftreten der Abnormalität wird erfasst.

Der Schaltungsaufbau der Überwachungseinheit, die in den ersten und zweiten Ausführungsformen voranstehend beschrieben wurde, ist nur das Beispiel, wobei andere verschiedene modifizierte Schaltungen mit der gleichen Funktion ausgebildet werden können. Derartige modifizierte

Schaltungen fallen in den Umfang des Schaltungsdesigns, der einem Durchschnittsfachmann in dem technischen Gebiet nahe liegen wird, und die vorliegende Erfindung ist keineswegs auf die beispielhaften Schaltungsstrukturen beschränkt.

Als nächstes wird das dritte Beispiel der Ausführungsform beschrieben. Die Drehmomenterfassungsschaltung 40 des dritten Beispiels unterscheidet sich von derjenigen des unter Bezugnahme auf Fig. 5 beschriebenen ersten Beispiels. Die Brückenschaltung umfasst zwei Paare von Widerstandselementen R41 und R42 und R51 und R52 anstelle der Widerstände R1 und R2.

Die Überwachungseinheit 25 in dem ersten Beispiel wird weggelassen und anstelle davon ist eine Beurteilungseinheit 50 zum Erfassen des Differenzsignals VD zwischen dem

Ausgangssignal der Hauptglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 und dem Ausgangssignal der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 und zum Beurteilen des Ausfalls der Schaltungskomponenten auf Grundlage davon, ob das Differenzsignal DV Null ist oder nicht, vorgesehen. Der andere Aufbau ist der gleiche wie derjenige, der in Fig. 5 gezeigt ist, wobei an die gleichen Komponenten wie in Fig. 5 gezeigt, die gleichen Bezugszeichen angehängt sind und die ausführliche Beschreibung wird weggelassen.

Die Beurteilungseinheit 50 kann mit einer in der Zeichnung nicht dargestellten Steuerschaltung versehen sein, an die das Ausgangssignal, welches von der Hauptglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 erzeugt und mit Hilfe des Verbinders 29 zugeführt wird, und das Ausgangssignal der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 geführt werden. Fig. 11 ist ein Blockschaltbild zum Darstellen der Drehmomenterfassungsschaltung 40 des dritten Beispiels. Die Drehmomenterfassungsschaltung 40 ist mit der in der Zeichnung nicht gezeigten Steuereinrichtung mit

Hilfe des Verbinders 29 verbunden, die Energiequellenspannung V und die Referenzspannung Vref werden von der Steuereinheit an die Schaltungskomponenten über das Rauschfilter 28 geführt, und andererseits wird das erfasste Drehmomentsignal an die Steuereinrichtung über das Rauschfilter 28 geführt.

Die Brückenschaltung zum Erfassen des Drehmoments umfasst den ersten Arm mit einer erfassten Spule 13, den Widerständen R41, R42, die in Reihe geschaltet sind, und den zweiten Arm mit einer Erfassungsspule 14 und den Widerständen R51 und R52.

Ein Oszillatator 21 empfängt die Energiequellenspannung V und die Referenzspannung Vref, um eine AC Spannung mit einer vorgegebenen Frequenz zu erzeugen. Die Ausgangs-AC-Spannung wird mit Hilfe eines Stromverstärkers 22 verstärkt und die verstärkte AC Spannung Vosc wird an den ersten Arm, der die Erfassungsspule 13 und die Widerstände R41 und R42 umfasst, und den zweiten Arm, der die Erfassungsspule 14 und die Widerstände R51 und R52 umfasst, geführt.

Die Charakteristiken der Erfassungsspulen 13 und 14 sind so eingestellt worden, dass Ströme mit der gleichen Größe durch den ersten und den zweiten Arm der Brückenschaltung fließen und die Spannung V3, die auf den Verbindungspunkt P3 der Erfassungsspule 13 auftritt, auf die Spannung V4 ausgeglichen wird, die auf dem Verbindungspunkt P4 der Erfassungsspule 14 auftritt, wenn das Drehmoment nicht ausgeübt wird. Ferner ist der Widerstandswert des Widerstands R41 und des Widerstands R51 und der Widerstandswert des Widerstands R42 und des Widerstandswerts R52 so eingestellt worden, dass die Spannung V1, die auf dem Verbindungspunkt P1 zwischen dem Widerstand R41 und dem Widerstand R42 auftritt, auf die Spannung ausglichen ist, die auf dem Verbindungspunkt P2 zwischen dem Widerstand R51 und dem Widerstand R52 auftritt.

Die Spannung V3, die auf dem Verbindungspunkt P3 der Erfassungsspule 13 auftritt, und die Spannung V4, die auf dem Verbindungspunkt P4 der Erfassungsspule 14 auftritt, werden an die Hauptverstärkungs-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 23 geführt und in ein Differenzsignal Vdef - 1 (= V3 - V4) umgewandelt, das Differenzsignal wird verstärkt und gleichgerichtet, die Ausgangswellenform wird mit Hilfe der Hauptglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 eingestellt und dann an die Steuereinrichtung mit Hilfe des Rauschfilters 28 als das Hauptdrehmomentsignal geführt. Andererseits wird die Spannung V1 des Verbindungspunkts P1 zwischen dem Widerstand R41 und dem Widerstand R42 und die Spannung V2 des Verbindungspunkts P2 zwischen dem Widerstand R51 und dem Widerstand R52 an die Subverstärker-/Vollwellen-Gleichrichtungseinheit 24 geführt und in das Differenzspannungssignal Vdef - 2 (= V1 - V2) umgewandelt, das Differenzspannungssignal Vdef - 2 wird verstärkt und gleichgerichtet, die Ausgangswellenform wird mit Hilfe der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 eingestellt und dann an die Steuereinheit mit Hilfe des Rauschfilters 28 als das Subdrehmomentsignal geführt.

Die Beurteilungseinheit 50 erfasst das Differenzsignal DV zwischen dem Differenzspannungssignal Vdef - 1, welches von der Hauptglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 erzeugt wird, und dem Differenzspannungssignal Vdef - 2, welches von der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 erzeugt wird, und bestimmt, ob das Differenzsignal DV Null ist oder nicht.

Wenn das Ergebnis Null ist, dann wird bestimmt, dass die Schaltungskomponenten der Brückenschaltung normal sind, und wenn andererseits das Differenzsignal DV nicht Null ist, dann wird bestimmt, dass die Schaltungskomponente der

Brückenschaltung abnormal ist, und die erforderliche Aktion wird vorgenommen, z. B. wird eine Nachricht angezeigt oder das Erfassungsdrehmomentsignal wird abgeschaltet.

5 Der Betrieb der Drehmomenterfassungsschaltung 40 und der Fehlerbestimmung der Schaltungskomponenten der Brückenschaltung mit Hilfe der Beurteilungseinheit 50 wird nachstehend beschrieben.

Zunächst wird der Zustand beschreiben, bei dem die Komponenten der Brückenschaltung normal sind und kein Drehmoment ausgeübt wird.

Weil in diesem Fall kein Drehmoment erzeugt wird, ist die Impedanz der Erfassungsspule 13 gleich zu der Impedanz zu der Erfassungsspule 14, auch der Widerstandswert

15 des Widerstands R41 und des Widerstands R51 sind auf den Widerstandswert des Widerstands R42 und des Widerstands R52 ausgeglichen worden, als Folge davon ist ein Strom I1, der durch den ersten Arm (den Arm, der in der Erfassungsspule 13 enthalten ist) der Brückenschaltung fließt, gleich zu einem Strom I2, der durch den zweiten Arm (den Arm, der in der Erfassungsspule 14 enthalten ist) fließt.

Infolgedessen ist eine Spannung V3, die auf dem Verbindungspunkt P3 der Erfassungsspule 13 auftritt, gleich zu einer Spannung V4, die auf dem Verbindungspunkt P4 der Erfassungsspule 14 auftritt, und das Spannungssignal Vdef - 1 = 0 wird, von der Hauptglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 als das Differenzspannungssignal Vdef - 1 (= V3 - V4) erzeugt.

Weil der Strom I1, der durch den ersten Arm fließt, gleich zu dem Strom I2 ist, der durch den zweiten Arm fließt, ist ferner eine Spannung V1, die auf dem Verbindungspunkt P1 zwischen dem Widerstand R41 und Widerstand R42 auftritt, gleich zu einer Spannung V2, die auf dem Verbindungspunkt P2 zwischen dem Widerstand R51 und dem Widerstand R52 auftritt, und als Folge davon wird das Spannungssignal Vdef - 2 = 0 von der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 als das Differenzspannungssignal Vdef - 2 (= V1 - V2) erzeugt.

Weil die Beurteilungsschaltung 50 (0), nämlich $\{V_D = (V_{def} - 1)\} - (V_{def} - 2) = 0\}$ als die Differenzspannung zwischen dem Differenzspannungssignal Vdef1, welches von der Hauptglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 zugeführt wird, und dem Differenzspannungssignal Vdef - 2, welches von der Subglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 zugeführt wird, erzeugt, wird beurteilt, dass die Komponenten der Brückenschaltung normal sind.

Als nächstes wird der Zustand beschrieben, bei dem die Komponenten der Brückenschaltung normal sind und ein Drehmoment erzeugt wird.

50 Wenn in diesem Fall ein Drehmoment erzeugt wird, ist die Impedanz der Erfassungsspule 13 nicht gleich zu der Impedanz der Erfassungsspule 14. Mit anderen Worten, die eine Impedanz erhöht sich und die andere Impedanz fällt. Der Strom I1, der durch den ersten Arm fließt (den Arm, der in der Erfassungsspule 13 enthalten ist) ist nicht gleich zu dem Strom I2, der durch den zweiten Arm fließt (den Arm, der in der Erfassungsspule 14 enthalten ist). Mit anderen Worten, der eine Strom steigt an und der andere Strom fällt ab.

Infolgedessen ist die Spannung V3, die auf dem Verbindungspunkt P3 der Erfassungsspule 13 auftritt, nicht gleich zu der Spannung V4, die auf dem Verbindungspunkt P4 der Erfassungsspule 14 auftritt, und die Hauptglättungs-/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 erzeugt ein Spannungssignal mit einem Wert (X0), der nicht gleich zu Null ist, als das Differenzspannungssignal Vdef - 1 = V3 - V4. Dieses Signal ist ein Erfassungsdrehmomentsignal, welches proportional zu der Größe des erfassten Drehmoments ist.

Weil der Strom I1, der durch den ersten Arm der Brückenschaltung fließt, nicht gleich zu dem Strom I2 ist, der durch den zweiten Arm fließt, ist die Spannung V1, die auf dem Verbindungspunkt P1 zwischen dem Widerstand R41 und dem Widerstand R42 auftritt, nicht gleich zu der Spannung V2, die auf dem Verbindungspunkt P2 zwischen dem Widerstand R51 und dem Widerstand R52 auftritt und die Subglättungs/Neutralisierung-Einstelleinheit 27 erzeugt ein Spannungssignal mit einem Wert (Y0), der nicht gleich zu Null ist, als das Differenzspannungssignal $V_{def} - 2 (= V1 - V2)$. Dieses Signal ist ebenfalls proportional zu der Größe des erfassten Drehmoments.

Wie voranstehend beschrieben sind das Differenzspannungssignal $V_{def} - 1 (= V3 - V4 = X0)$ zwischen den Spannungen, die auf den voranstehend erwähnten Erfassungsspulen-Verbindungspunkten P3 und P4 auftreten, und dem Differenzspannungssignal $V_{def} - 2 (= V1 - V2 = Y0)$ zwischen den Spannungen, die auf den voranstehend erwähnten Widerstandsverbindungspunkten P1 und P2 auftreten, Signale, die beide proportional zu der Größe des erfassten Drehmoments sind. Deshalb wird angenommen, dass der Verstärkungsgrad der Hauptglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 und der Subglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 vorher so eingestellt worden sind, dass der Wert des Differenzsignals $V_{def} - 1 (= V3 - V4)$ gleich zu dem Wert des Differenzsignals $V_{def} - 2 (= V1 - V2)$ ist, d. h. so dass das Differenzsignal VD zwischen dem Spannungssignal $V_{def} - 1$ und dem Spannungssignal $V_{def} - 2$ ($VD = V_{def} - 1) - (V_{def} - 2) = X0 - Y0 = 0$) ist, während die Drehmoment erfassungsschaltung 40 normal arbeitet.

Der Grad einer Verstärkung der Hauptglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 und der Subglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 wird in der voranstehend beschriebenen Weise eingestellt, wobei als Folge davon die Beurteilungseinheit 50 Null (0) erzeugt, nämlich $\{VD = V_{def} - 1) - (V_{def} - 2) = 0\}$ als das Differenzsignal VD zwischen den Spannungssignalen $V_{def} - 1$ und $V_{def} - 2$ unabhängig von der Größe des Drehmoments, solange wie die Komponenten der Brückenschaltung normal sind.

Als nächstes wird der Zustand beschreiben, bei dem die Komponenten der Brückenschaltung nicht normal sind und ein Drehmoment nicht erzeugt wird. Für den Zweck der Beschreibung sei angenommen, dass die Erfassungsspulen 13 und 14 normal sind und der Widerstandswert von irgendeinem der Transistoren R41, R42, R51 und R52 auf hoch geändert werden.

Die Impedanz der Erfassungsspule 13 ist gleich zu der Impedanz der Erfassungsspule 14, weil kein Drehmoment erzeugt wird. Weil sich jedoch der Widerstandswert von irgendeinem der Widerstände R41, R42, R51 und R52 erhöht hat, ist die Größe des Stroms I1, der durch den ersten Arm (den Arm, der in der Erfassungsspule 13 enthalten ist) der Brückenschaltung fließt, nicht gleich zu derjenigen des Stroms I2, der durch den zweiten Arm (den Arm, der in der Erfassungsspule 14 enthalten ist) fließt.

Infolgedessen ist die Spannung V3, die aus dem Verbindungspunkt P3 der Erfassungsspule 13 auftritt, nicht gleich zu der Spannung V4, die auf dem Verbindungspunkt P4 der Erfassungsspule 14 auftritt, und die Hauptglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 erzeugt ein Spannungssignal mit einem Wert (X1), der nicht gleich zu 0 ist, als das Differenzspannungssignal $V_{def} - 1$. Mit anderen Worten wird das Spannungssignal $V_{def} - 1$ erzeugt, als ob ein Drehmoment erzeugt wird.

Weil der Strom I1, der durch den ersten Arm der Brücke fließt nicht gleich zu dem Strom I2 ist, der durch den zweiten Arm fließt, ist die Spannung V1, die auf dem Verbindungspunkt P1 zwischen dem Widerstand R41 und dem Wi-

derstand R42 auftritt, nicht gleich zu der Spannung V2, die auf dem Verbindungspunkt P2 zwischen dem Widerstand R51 und dem Widerstand R52 auftritt, und infolgedessen erzeugt die Subglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 ein Spannungssignal mit einem Wert (Y1), der nicht gleich zu Null ist, als das Differenzspannungssignal $V_{def} - 2 (= V1 - V2)$. Gewöhnlicherweise unterscheidet sich der Wert (X1) von dem Wert (Y1).

Der Grund ist, dass der Grad einer Verstärkung der Hauptglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 und der Hauptglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 vorher so eingestellt worden ist, dass das Differenzsignal VD zwischen dem Spannungssignal $V_{def} - 1$ und dem Spannungssignal $V_{def} - 2$ gleich zu Null ist, wenn die Komponenten der Brückenschaltung normal arbeiten, wie voranstehend beschrieben, so dass der Wert (X1) des Spannungssignals $V_{def} - 1$ nicht gleich zu dem Wert (Y1) des Signals $V_{def} - 2$ ist, wenn die Komponenten der Brückenschaltung nicht normal sind.

Infolgedessen wird ein Wert, der nicht gleich Null ist, nämlich $\{VD = (V_{def} - 1) - (V_{def} - 2) = (X1) - (Y1) \neq 0\}$, von der Beurteilungseinheit 50 als das Differenzsignal VD zwischen dem Differenzspannungssignal $V_{def} - 1$, das von der Hauptglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 25 erzeugt wird, und dem Differenzspannungssignal $V_{def} - 2$, welches von der Subglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 erzeugt wird, erzeugt, und es wird beurteilt, dass irgendwelche Komponenten der Brückenschaltung abnormal sind.

Als nächstes wird der Zustand beschreiben, bei dem die Komponenten der Brückenschaltung nicht normal sind, und ein Drehmoment erzeugt wird. Weil die Impedanz der Erfassungsspule 13 nicht gleich zu der Erfassungsspule 14 ist, ist die Größe des Stromes I1, der durch den ersten Arm (den Arm, der in der Erfassungsspule 13 enthalten ist) der Brückenschaltung fließt, nicht gleich zu der Größe des Stroms I2, der durch den zweiten Arm (den Arm, der in der Erfassungsspule 14 enthalten ist) fließt.

Infolgedessen ist die Spannung V3, die auf dem Verbindungspunkt P3 der Erfassungsspule 13 auftritt, nicht gleich zu der Spannung V4, die auf dem Verbindungspunkt P4 der Erfassungsspule 14 auftritt und die Hauptglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 erzeugt ein Spannungssignal mit einem Wert (X2), der nicht gleich zu Null ist, als das Differenzspannungssignal $V_{def} - 1 (= V3 - V4)$.

Weil sich der Widerstandswert von irgendeinem der Widerstände R41, R42, R51 und R52 geändert hat, ist die Größe des Stroms I1, der durch den ersten Arm der Brückenschaltung fließt, nicht gleich zu der Größe des Stroms I2, der durch den zweiten Arm fließt, infolgedessen ist die Spannung V1, die auf dem Verbindungspunkt P1 zwischen den Widerständen R41 und R42 auftritt, nicht gleich zu der Spannung V2, die auf dem Verbindungspunkt P2 zwischen den Widerständen R51 und R52 auftritt, und die Subglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 erzeugt ein Spannungssignal mit einem Wert (Y2), der nicht gleich zu Null ist, als das Differenzspannungssignal $V_{def} - 2 (= V1 - V2)$. Hierbei ist der Wert (X2) gewöhnlicherweise nicht gleich zu dem Wert (Y2).

Infolgedessen wird ein Wert, der nicht gleich zu Null ist, nämlich $\{VD = (V_{def} - 1) - (V_{def} - 2) = (X2) - (Y2) \neq 0\}$ von der Beurteilungseinheit 50 als das Differenzsignal VD zwischen dem Differenzspannungssignal $V_{def} - 1$, welches von der Hauptglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 26 erzeugt wird, und dem Differenzspannungssignal $V_{def} - 2$, das von der Subglättungs/Neutralisierungs-Einstelleinheit 27 erzeugt wird, erzeugt und es wird beurteilt, dass die Komponenten der Brückenschaltung nicht normal sind.

Die Beispiele einer Fahrzeugservolenkungsvorrichtung, auf die der Drehmomentsensor der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angewendet wird, sind beschrieben worden. Doch kann der Drehmomentsensor der vorliegenden Erfindung natürlich auf andere verschiedene mechanische Anlagen als eine Fahrzeugservolenkungsvorrichtung angewendet werden.

Wenn die Schaltungskomponente, die die Brückenschaltung eines Drehmomentsensors bildet, abnormal aufgrund einer Fehlfunktion arbeitet, die sich zum Beispiel aus einem Kontaktfehler, der zwischen einer gedruckten Schaltungsplatine und einem Widerstand oder einer Änderung eines Widerstandswert aufgrund einer Beschädigung des Widerstands selbst oder aufgrund einer Alterung des Widerstands ergibt, erfasst ein herkömmlicher Drehmomentsensor den abnormalen Betrieb, als ob die Impedanz der Erfassungsspule sich geändert hätte und erzeugt ein fehlerhaftes Drehmomenterfassungssignal. Andererseits wird gemäß der vorliegenden Erfindung die Fehlfunktion der Schaltungskomponente, die die Brückenschaltung bildet, konsistent erfasst und ein höchstzuverlässiger Drehmomentsensor wird realisiert.

Obwohl die vorliegende Erfindung vollständig mit Hilfe von Beispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben worden ist, sei darauf hingewiesen, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen einem Durchschnittsfachmann leicht nahe liegen werden. Außerdem wenn derartige Änderungen und Modifikationen von dem Umfang der vorliegenden Erfindung abweichen, sollten sie deshalb so verstanden werden, dass sie darin enthalten sind.

Patentansprüche

1. Drehmomentsensor, umfassend:
ein Paar von Erfassungsspulen mit Impedanzen, die sich entsprechend zu einem Drehmoment, welches in einer Drehwelle erzeugt wird, entgegengesetzt zueinander ändern;
eine Brückenschaltung mit ersten und zweiten Armen, die das Paar von Erfassungsspulen und ein Paar von Widerständen umfassen;
eine AC-Energiequelle zum Zuführen einer AC-Spannung (Wechselspannung) an die ersten und zweiten Arme der Brücke;
eine Spannungserfassungsschaltung zum Erfassen der Differenzspannung der AC-Spannungen, die auf beiden Enden eines Paares von Erfassungsspulen der Brückenschaltung auftreten und zum Erfassen der Differenzspannung als ein Drehmomentsignal; und
eine Überwachungsschaltung, die die Phasendifferenz zwischen der Wellenform der AC-Spannung, die an die ersten und zweiten Arme der Brückenschaltung angelegt wird, und der Wellenform der Differenzspannung zwischen AC-Spannungen, die auf beiden Enden des Paares von Erfassungsspulen auftreten, erfasst und den Widerstand der Erfassungsspulen als abnormal beurteilt, wenn die erfasste Phasendifferenz einen vorgegebenen Wert übersteigt.
2. Drehmomentsensor nach Anspruch 1, wobei zwei Sätze von Spannungserfassungsschaltungen vorgesehen sind und Ausgänge von zwei Sätzen von Spannungserfassungsschaltungen miteinander verglichen werden, um dadurch zu bestätigen, dass das Drehmoment normal erfasst wird.
3. Drehmomentsensor nach Anspruch 1, wobei die Überwachungsschaltung eine Phasendifferenz-Erfassungsschaltung zum Erfassen der Phasendifferenz zwis-

schen der Wellenform der AC-Spannung, die auf den ersten und zweiten Armen der Brückenschaltung angelegt wird, und der Wellenform der Differenzspannung zwischen AC-Spannungen, die auf beiden Enden des Paares von Erfassungsspulen auftreten, und eine Beurteilungsschaltung zum Beurteilen des Widerstands der Erfassungsspulen als abnormal, wenn die Phasendifferenz, die mit Hilfe der Phasendifferenz-Erfassungsschaltung erfasst wird, einen vorgegebenen Wert überschreitet.

4. Drehmomentsensor nach Anspruch 3, wobei die Widerstands-Abnormalität der Erfassungsspulen, die mit Hilfe der Überwachungsschaltung erfasst wird, den erhöhten Kontaktwiderstand zwischen Erfassungsspulen und Widerständen, die Komponenten der Brücke sind, umfasst.
5. Drehmomentsensor nach Anspruch 3, wobei die Beurteilungsschaltung die Erzungung des Drehmomentsignals sperrt, wenn der erfasste Spulenwiderstand als abnormal beurteilt wird.
6. Drehmomentsensor, umfassend:
ein Paar von Erfassungsspulen mit Impedanzen, die sich entsprechend zu einem Drehmoment, das in einer Drehwelle erzeugt wird, entgegengesetzt zueinander ändern;
ein Paar von Widerständen, wobei jeder zwei Widerstandselemente umfasst, die in Reihe geschaltet sind; eine Brückenschaltung mit ersten und zweiten Armen, die das Paar von Erfassungsspulen und das Paar von Widerständen umfassen;
eine AC-Energiequelle zum Zuführen einer AC-Spannung an die ersten und zweiten Arme der Brücke;
einen ersten Spannungsverstärker zum Empfangen von AC-Spannungen, die auf beiden Enden eines Paares von Erfassungsspulen der Brückenschaltung auftreten, und zum Erzeugen der Differenzspannung zwischen Eingangs-AC-Spannungen als ein Hauptdrehmomentsignal;
7. Drehmomentsensor nach Anspruch 6, wobei die Beurteilungsschaltung die Schaltungskomponenten, die die Brückenschaltung bilden, als normal beurteilt, wenn die Differenz zwischen dem Hauptdrehmomentsignal und dem Subdrehmomentsignal gleich 0 ist, und andererseits die Brückenschaltung als abnormal beurteilt, wenn die Differenz zwischen dem Hauptdrehmomentsignal und dem Subdrehmomentsignal nicht gleich zu 0 ist.
8. Drehmomentsensor nach Anspruch 6, wobei die Beurteilungsschaltung eine Erzeugung des Drehmomentsignals sperrt, wenn die Schaltungskomponenten, die die Brückenschaltung bilden, als abnormal beurteilt

werden.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

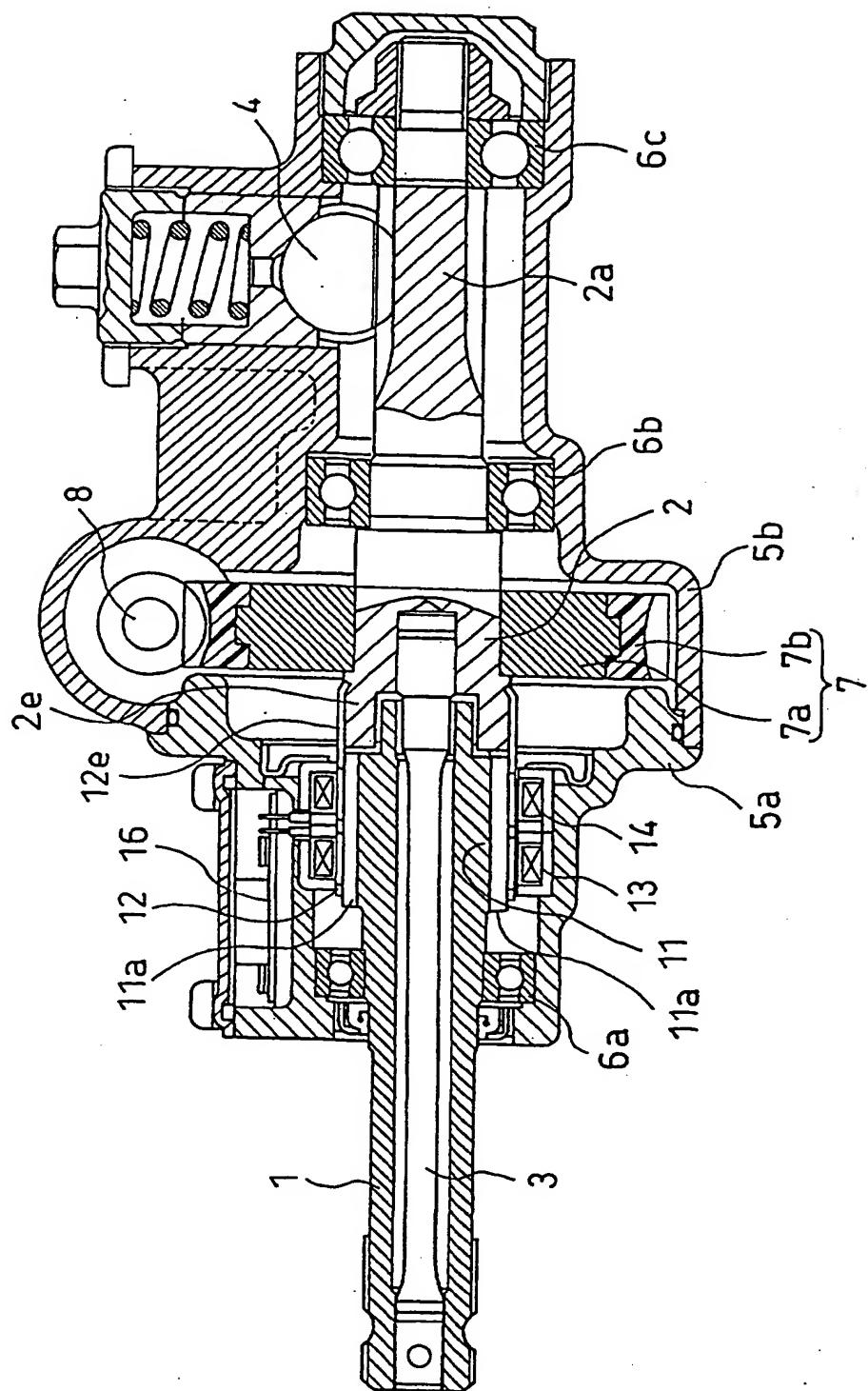


Fig. 2

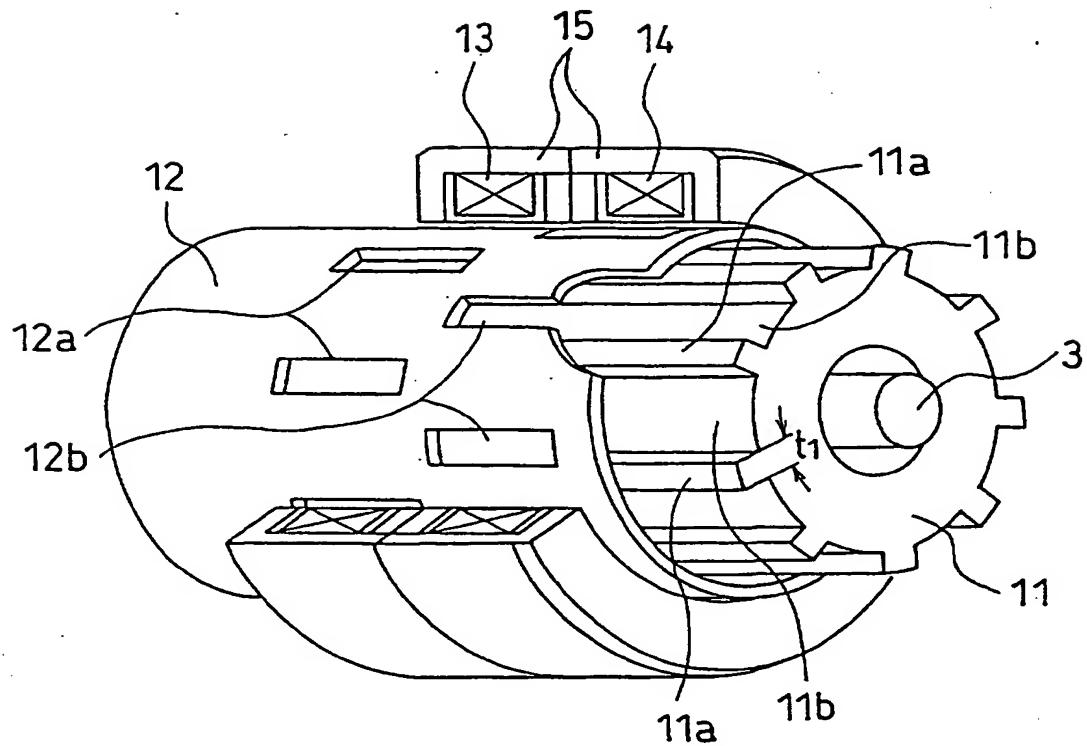


Fig. 3(a)

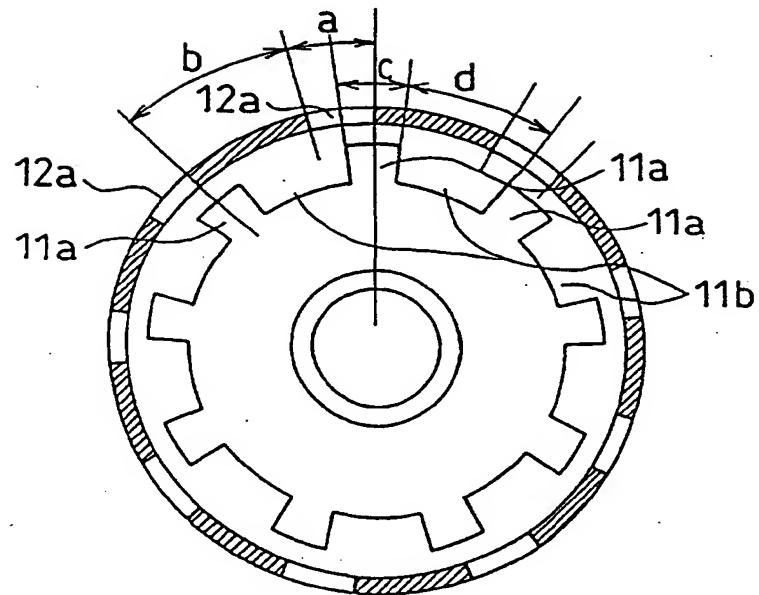


Fig. 3(b)

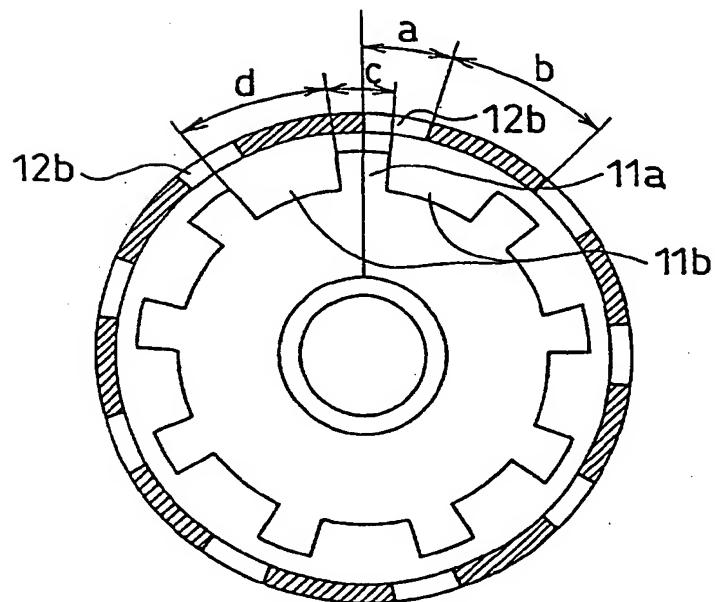


Fig. 4

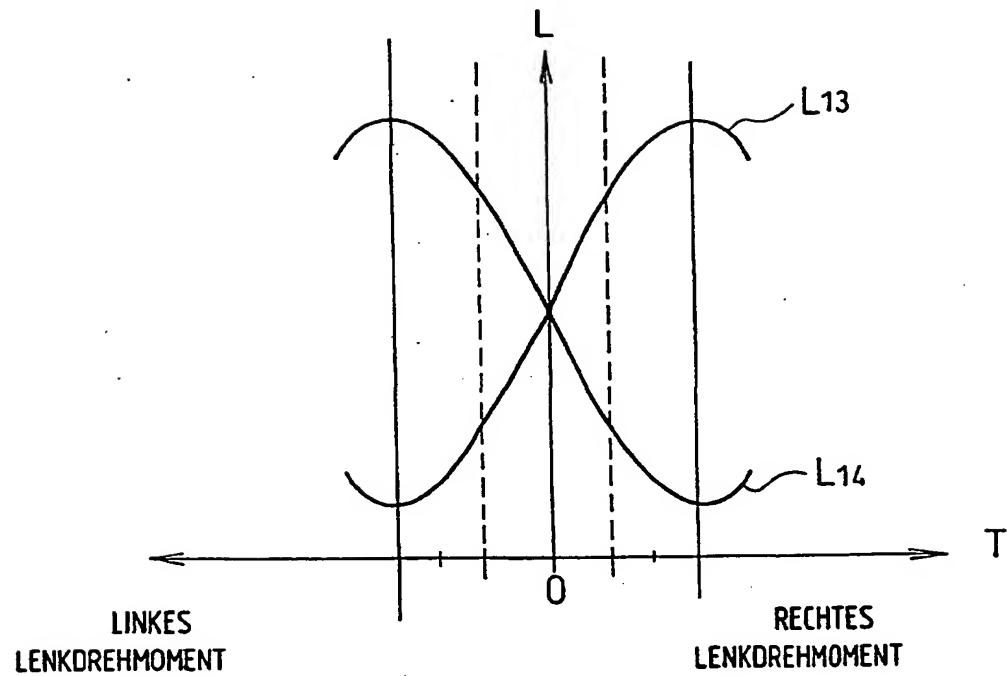


Fig. 5

ZU DEN SCHÄFTINGSELEMENTEN

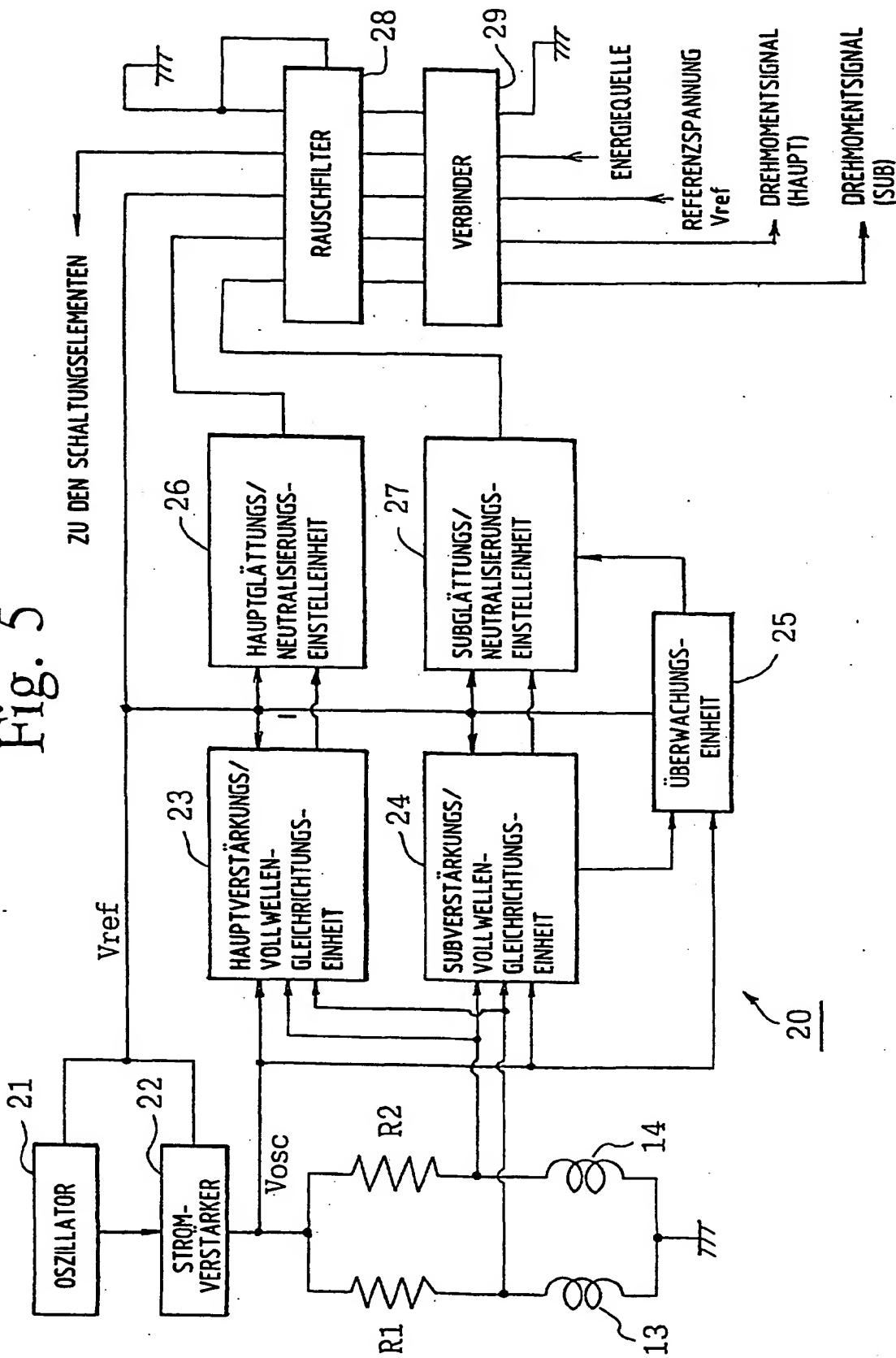


Fig. 6

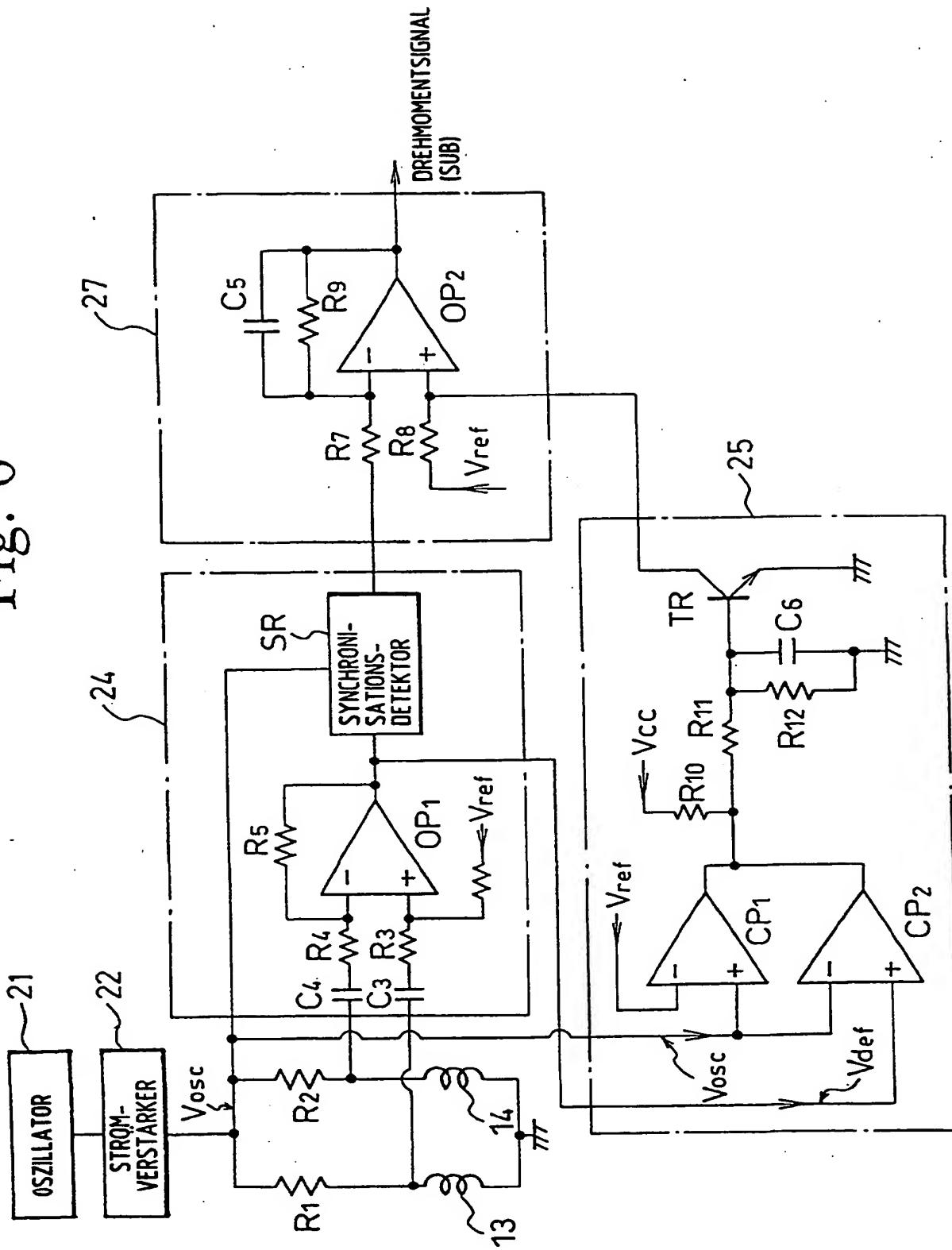


Fig. 7

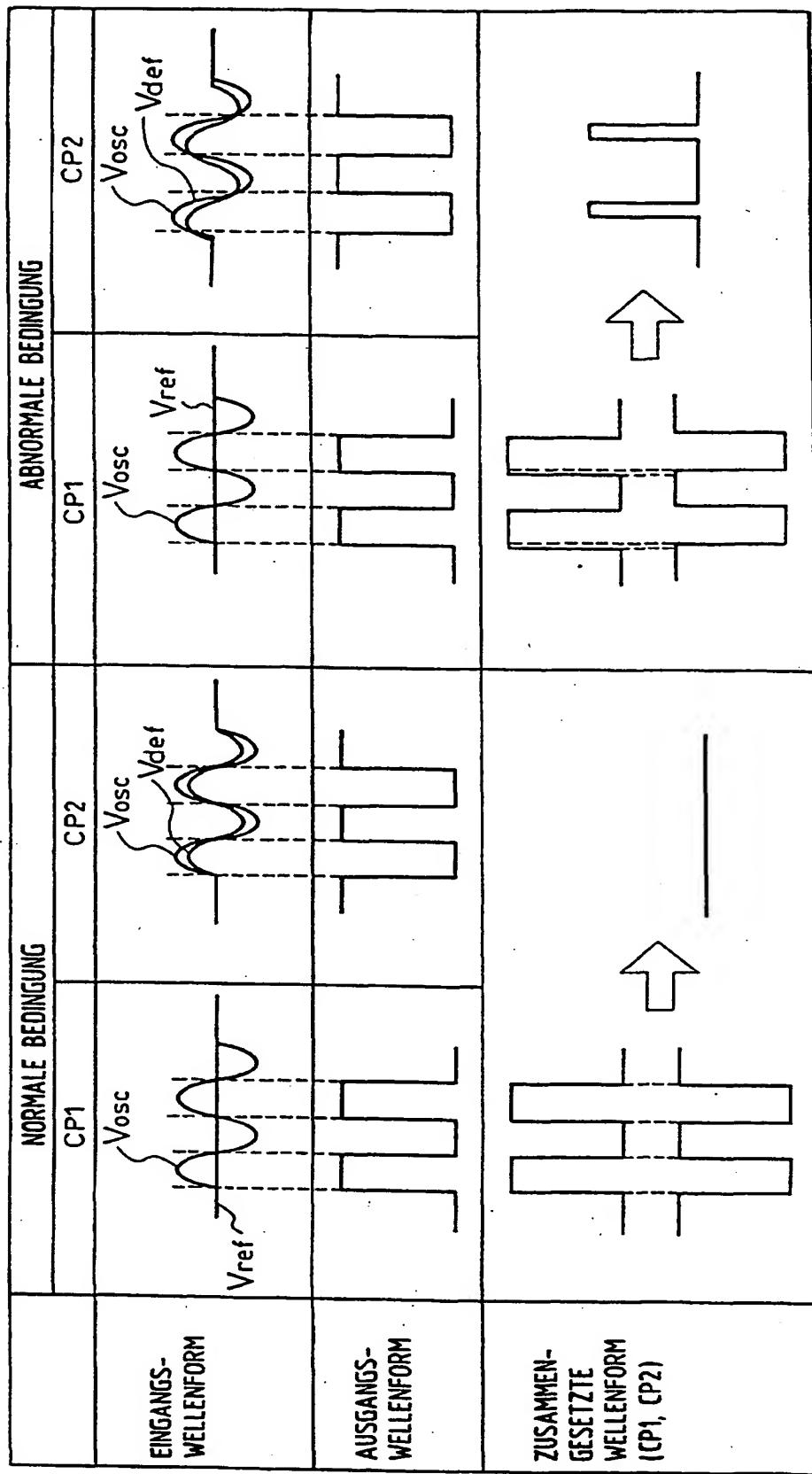


Fig. 8

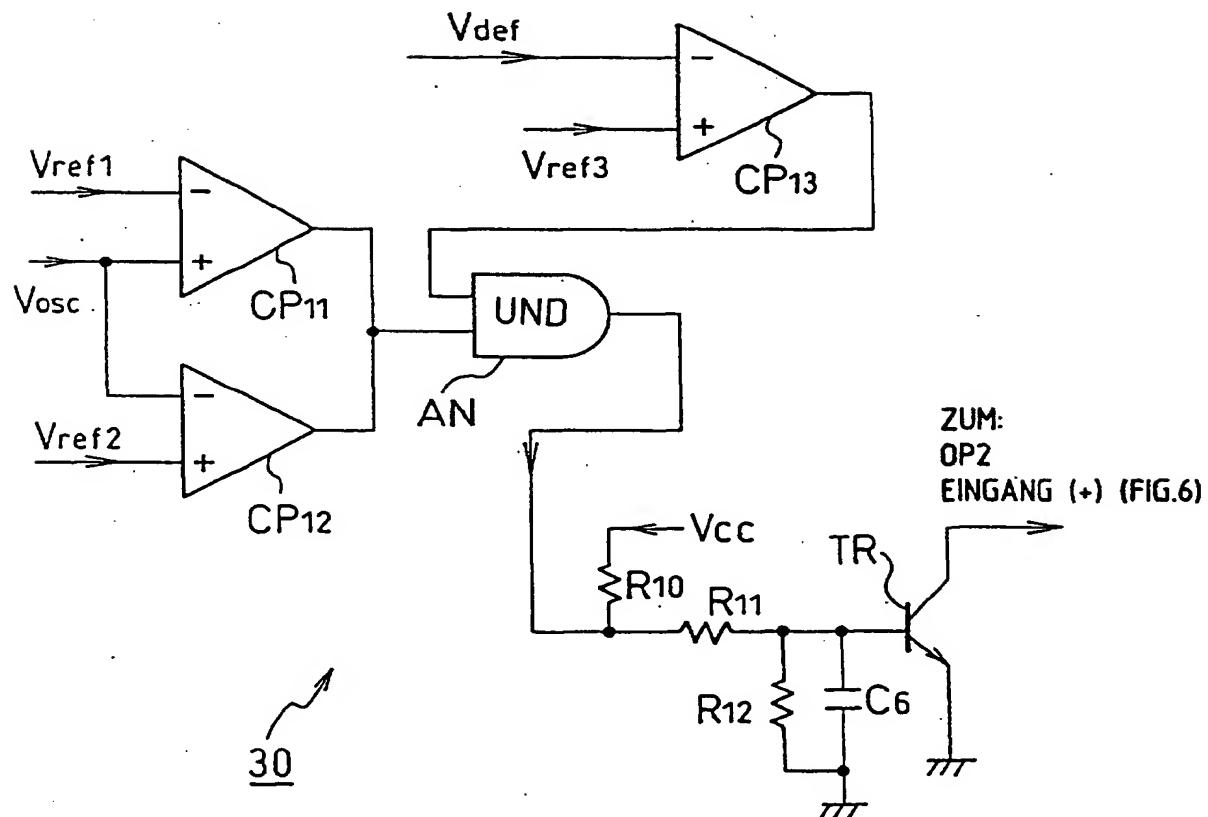
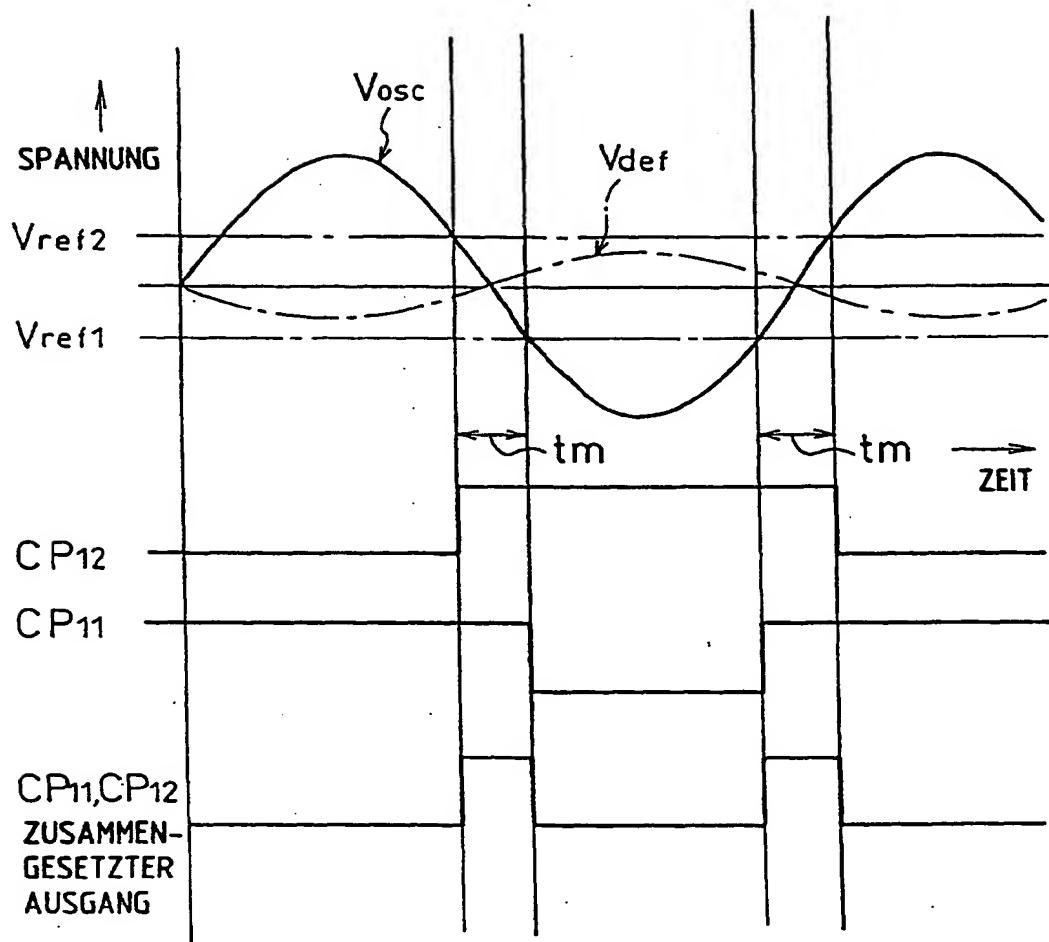


Fig. 9



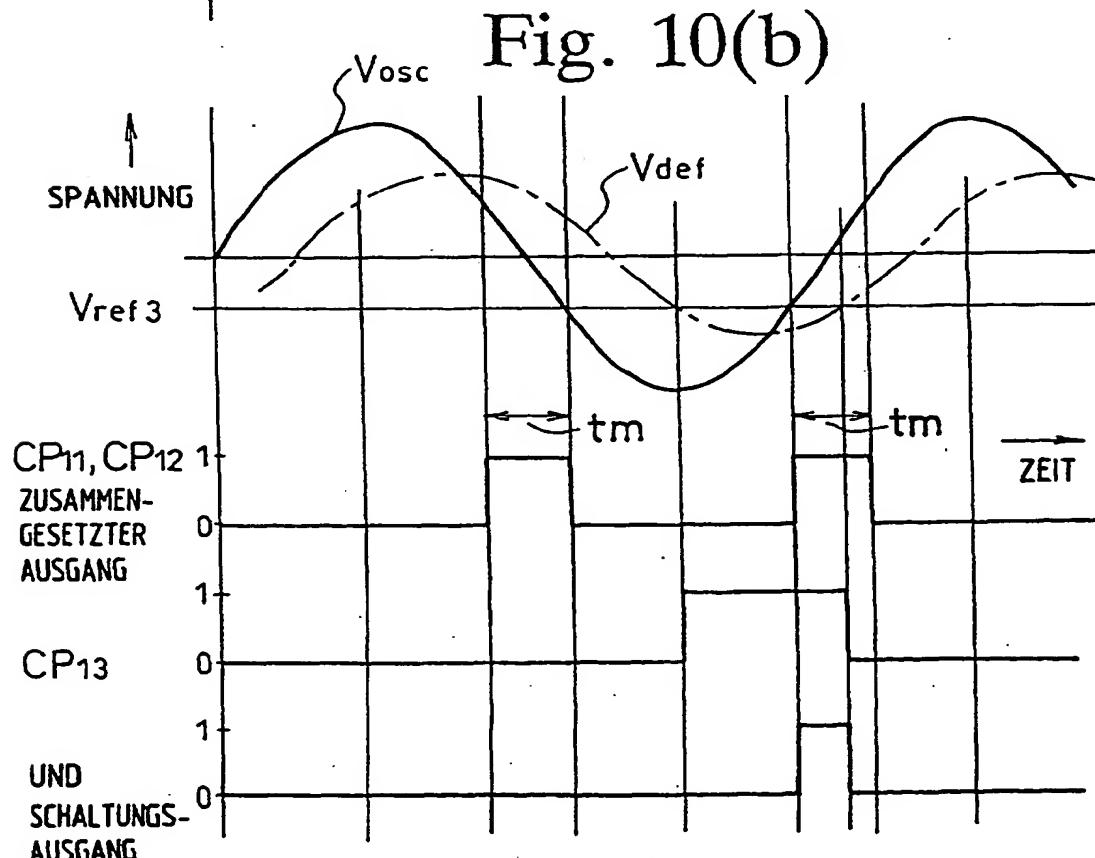
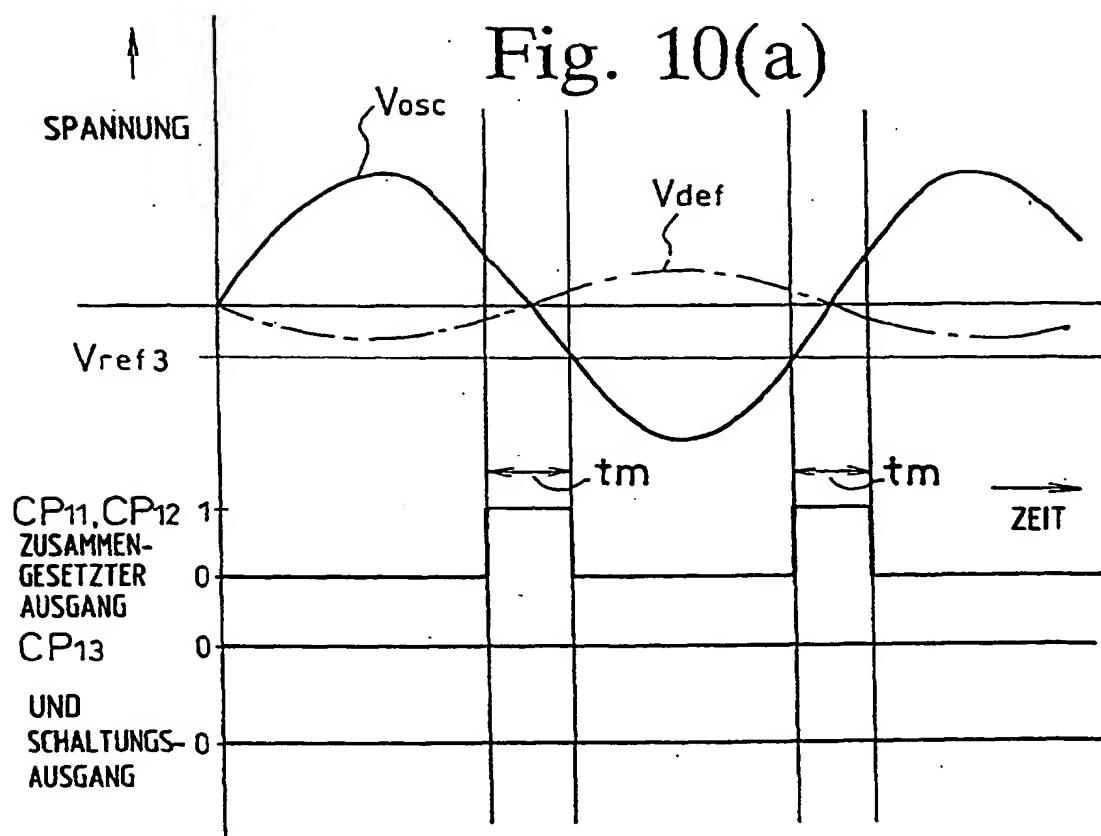


Fig. 11

